

A Nossa
Universidade

Colégio dos Jesuítas
Rua dos Ferreiros - 9000-082, Funchal

Tel: +351 291 209400
Fax: +351 291 209410
Email: gabinetedareitoria@uma.pt

UMa

| Especialização Metabólica em Crianças e Adolescentes dos 10 aos 15 Anos | Caracterização e avaliação dos efeitos fisiológicos do treino na modalidade de Natação | Mário André Rodrigues Ferreira

TD

Especialização Metabólica em Crianças e Adolescentes dos 10 aos 15 Anos

Caracterização e avaliação dos efeitos fisiológicos do treino na modalidade de Natação

TESE DE DOUTORAMENTO

Mário André Rodrigues Ferreira
DOUTORAMENTO EM CIÊNCIAS DO DESPORTO


UNIVERSIDADE da MADEIRA
A Nossa Universidade
www.uma.pt

julho | 2014

**Especialização Metabólica em Crianças
e Adolescentes dos 10 aos 15 Anos**
Caracterização e avaliação dos efeitos fisiológicos
do treino na modalidade de Natação

TESE DE DOUTORAMENTO

Mário André Rodrigues Ferreira
DOUTORAMENTO EM CIÊNCIAS DO DESPORTO

ORIENTAÇÃO

António Manuel Vitória Vences de Brito

CO-ORIENTAÇÃO

Ana Catarina Rocha Mendes Fernando

Apoio

A presente tese de doutoramento, intitulada “*Especialização metabólica em crianças e adolescentes dos 10 aos 15 anos: caracterização e avaliação dos efeitos fisiológicos do treino na modalidade de Natação*”, está enquadrada no projeto de investigação e desenvolvimento: Parque de Ciência e Tecnologia do Alentejo - Laboratório de Investigação em Desporto e Saúde (Unidade de Fisiologia e Biomecânica do Desporto – Suboperação: Avaliação e Caracterização Biológica e Cinesiológica dos Praticantes de Desportos de Combate e de Jovens Praticantes de Modalidades Coletivas e Individuais, coordenado pelo Professor Doutor António Vences de Brito), apresentado pela Escola Superior de Desporto de Rio Maior (ESDRM) e pela Escola Superior de Saúde de Santarém (ESSS) do Instituto Politécnico de Santarém (IPS), cofinanciado por fundos nacionais através do Programa Operacional do Alentejo 2007-2013 (ALENT-07-0262-FEDER-001883), tendo como investigadora responsável a Professora Doutora Rita Santos Rocha.

Co-financiamento



Para a Carita

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível pelo indispensável contributo de um conjunto de pessoas que, de forma direta ou indireta, permitiram a sua concretização, quer pela orientação, colaboração, experiência, conhecimento, incentivo ou amizade. A todas essas pessoas quero deixar o meu profundo reconhecimento e agradecimento.

Ao Professor Doutor António Vences de Brito, pela disponibilidade constante, apoio incondicional e orientação desde a elaboração do projeto à sua implementação. Com a sua vasta experiência conseguiu dar a liberdade necessária para o desenvolvimento autónomo do trabalho, todavia, soube pressionar nos momentos cruciais, de forma a concluir todo o processo em tempo útil. Sempre disponível para cooperar e esclarecer todas as dúvidas que foram surgindo, e pelas sábias sugestões que enriqueceram este trabalho.

À Professora Doutora Catarina Fernando, pela orientação e disponibilidade demonstradas nas diversas etapas do estudo, e pela cooperação em todas as fases do processo. Desempenhou um papel fundamental na relação institucional entre a Escola Superior de Rio Maior – Instituto Politécnico de Santarém e a Universidade da Madeira.

Ao meu colega de doutoramento e amigo, João Noite, pela colaboração na elaboração do projeto, presença nas recolhas de dados e transmissão de conhecimento e experiência na avaliação de crianças. Aos restantes colegas de doutoramento, pela partilha, preocupação e colaboração durante a realização dos trabalhos.

Ao Mestre Renato Fernandes, pela transmissão de conhecimento e experiência relacionado com as recolhas nos testes laboratoriais, bem como pelo acompanhamento e cooperação no estudo prévio e durante as recolhas de dados. Para além disso, pela disponibilidade para esclarecimento de dúvidas que surgiram durante o estudo.

Ao Professor Doutor Félix Romero, pela disponibilidade e colaboração no tratamento estatístico, bem como no esclarecimento de dúvidas e interpretação dos dados.

Aos treinadores com quem tive o prazer de trabalhar, Pascoal Mendes e Nuno Ricardo, pelos esforços que fizeram para a formação da amostra de nadadores, e pela disponibilidade para se deslocarem ao laboratório para o acompanhamento dos seus atletas durante as recolhas. O Nuno, como funcionário assistente do Laboratório de

Investigação em Desporto da Escola Superior de Desporto de Rio Maior, teve uma presença mais notória.

Aos professores das escolas de Rio Maior, Dr. Hélder e Dr.^a Ana, pelo tempo despendido e pela ajuda na constituição da amostra de não praticantes de qualquer modalidade desportiva.

A todos os nadadores, pela sua participação no estudo e acima de tudo pelo esforço demonstrado ao longo dos dois momentos de recolha. Também pelo tempo despendido nas deslocações para o laboratório, bem como o tempo necessário à realização dos testes.

Às crianças e adolescentes que compuseram o grupo de controlo, pela sua participação no estudo, esforço e disponibilidade para os dois momentos de recolha.

Aos pais de todos os participantes no estudo, pela aceitação e colaboração com a participação dos seus filhos.

A todos os meus amigos, que sempre foram um local de conforto, carinho e amizade. Mesmo estando distante de alguns, sei que posso contar com o seu apoio.

Aos amigos que acompanharam mais de perto a realização deste trabalho e que colaboraram em fases importantes, nomeadamente à Telma Neves, ao Marco Gonçalves, ao Pedro Paraíso e ao Marco Santos.

Aos amigos que participaram nos diversos congressos científicos, pela troca de conhecimento e experiência, principalmente ao meu melhor Amigo, Ricardo Rebelo, por me acompanhar sempre até aos dias de hoje.

Ao Mário Alexandre Ferreira e Ricardo Antunes, pela amizade e pelo conhecimento e experiência relacionado com a modalidade de Natação Pura Desportiva.

A todos os meus familiares, pela ajuda e pelo apoio incondicional ao longo de toda a minha vida. Em especial aos meus pais pela educação e pelos valores que me transmitiram, bem como por todos os esforços que fizeram, sendo os principais responsáveis pela minha formação.

Por fim, um agradecimento muito especial à minha esposa, Carita Vieira, pelo apoio insubstituível, preocupação, colaboração, dedicação e incentivo à concretização deste trabalho. Mas acima de tudo, pelo carinho, paciência e compreensão ao longo dos últimos tempos, promovendo o conforto necessário para a minha concentração e dedicação a este trabalho.

Índice Geral

Índice de Tabelas	XIII
Índice de Figuras	XV
Lista de Abreviaturas.....	XIX
Unidades de Medida do Sistema Internacional	XXI
Resumo	XXII
Resumen	XXIII
Résumé	XXIV
Abstract.....	XXV
<i>Capítulo I</i>	1
<i>Introdução</i>	1
1.1. Enquadramento do problema	3
1.2. Definição do problema	6
1.3. Objetivos do estudo.....	9
<i>Capítulo II</i>	11
<i>Revisão da Literatura</i>	11
2.1. Introdução.....	13
2.2. Aspetos éticos da participação de crianças e adolescentes em estudos de investigação	14
2.3. Crescimento, desenvolvimento e maturação	15
2.3.1. Crescimento somático.....	17
2.3.1.1. Estatura	19
2.3.1.2. Massa corporal.....	21
2.3.2. Avaliação da morfologia externa	23
2.3.3. Avaliação da maturação biológica	28
2.3.3.1. Características sexuais secundárias	29
2.4. Fisiologia do exercício em crianças e adolescentes	30
2.4.1. Metabolismos energéticos.....	30
2.4.1.1. Via da fosfocreatina.....	31
2.4.1.2. Via da glicogenólise e glicólise	33
2.4.1.3. Via oxidativa	34

2.4.2. Função cardiovascular	36
2.4.3. Função pulmonar	38
2.5. Aptidão aeróbia	41
2.5.1. Avaliação da aptidão aeróbia	48
2.5.1.1. Garantia da obtenção do esforço máximo	50
2.6. Aptidão anaeróbia	51
2.6.1. Avaliação da aptidão anaeróbia	54
2.6.1.1. Teste anaeróbio <i>Wingate</i>	55
2.6.2. Desenvolvimento da aptidão anaeróbia em crianças e adolescentes	59
2.6.3. Fatores determinantes da aptidão anaeróbia em crianças e jovens	63
2.7. Conceito de especialização metabólica	66
2.8. Caracterização da modalidade de natação pura desportiva	69
2.8.1. Plano de carreira	73
Capítulo III	79
Metodologia	79
3.1. Introdução	81
3.2. Desenho experimental e escolha da amostra do estudo	82
3.3. Definição das hipóteses	86
3.4. Definição das variáveis	88
3.4.1. Variáveis independentes	88
3.4.2. Variáveis dependentes	88
3.5. Protocolos e instrumentos utilizados	88
3.5.1. Antropometria	88
3.5.2. Maturação	89
3.5.3. Aptidão aeróbia	89
3.5.4. Aptidão anaeróbia	90
3.6. Procedimentos experimentais	92
3.6.1. Antropometria	93
3.6.2. Maturação	93
3.6.3. Aptidão aeróbia	94
3.6.4. Aptidão anaeróbia	96
3.7. Processamento dos dados	97

3.7.1. Processamento das variáveis antropométricas	97
3.7.2. Processamento das variáveis recolhidas no teste de aptidão aeróbia.....	97
3.7.3. Processamento das variáveis recolhidas no teste de aptidão anaeróbia.....	98
3.8. Procedimentos estatísticos.....	101
<i>Capítulo IV</i>	<i>103</i>
<i>Apresentação dos Resultados</i>	<i>103</i>
4.1. Introdução.....	105
4.2. Caracterização e comparação morfológica e maturacional.....	105
4.2.1. Caracterização geral da amostra no momento de avaliação 1	105
4.2.2. Comparação dos diversos subgrupos no momento de avaliação 1	106
4.2.3. Fator Tempo.....	109
4.2.4. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes	110
4.3. Caracterização e comparação da aptidão aeróbia.....	113
4.3.1. Caracterização geral da amostra no momento de avaliação 1	113
4.3.2. Comparação dos diversos subgrupos no momento de avaliação 1	115
4.3.3. Fator Tempo.....	118
4.3.4. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes	119
4.4. Caracterização e comparação da aptidão anaeróbia.....	122
4.4.1. Caracterização geral da amostra no momento de avaliação 1	122
4.4.2. Comparação dos diversos subgrupos no momento de avaliação 1	123
4.4.3. Fator Tempo.....	126
4.4.4. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes	127
4.5. Especialização metabólica.....	130
4.5.1. Momento de avaliação 1	132
4.5.2. Momento de avaliação 2	134
<i>Capítulo V.....</i>	<i>137</i>
<i>Discussão.....</i>	<i>137</i>
5.1. Introdução.....	139
5.2. Caracterização e comparação morfológica e maturacional.....	139
5.2.1. Momento de avaliação 1	139
5.2.2. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes	143
5.3. Caracterização e comparação da aptidão aeróbia.....	146

5.3.1. Momento de avaliação 1	146
5.3.2. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes	150
5.4. Caracterização e comparação da aptidão anaeróbia	152
5.4.1. Momento de avaliação 1	152
5.4.2. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes	157
5.5. Especialização Metabólica	160
5.5.1. Momento de avaliação 1	160
5.5.2. Momento de avaliação 2	163
<i>Capítulo VI</i>	167
<i>Conclusões</i>	167
6.1. Introdução	169
6.2. Conclusões	169
6.3. Limitações do estudo	174
6.4. Recomendações	175
<i>Bibliografia</i>	177
Referências Bibliográficas	179
<i>Anexos</i>	211
Anexo 1. Exemplo de carta enviada aos clubes	213
Anexo 2. Termo de Assentimento e Consentimento – Grupo de natação	214
Anexo 3. Termo de Assentimento e Consentimento – Grupo de controlo	215
Anexo 4. Protocolo de recolhas antropométricas	216
Anexo 5. Avaliação da maturação biológica	218

Índice de Tabelas

Tabela 1: Características morfológicas de estudos com nadadores do sexo masculino e feminino.....	27
Tabela 2: Valores médios de PVO_2 e PVO_{2rel} de estudos realizados em crianças e adolescentes.	47
Tabela 3: Valores médios de PP e MP de alguns estudos realizados através do WAnT.	58
Tabela 4: Contribuição relativa dos diferentes sistemas energéticos quanto à relação entre a duração da prova e a distância de nado (adaptado de Maglischo, 2003).	72
Tabela 5: Zonas de intensidade de treino na modalidade de natação pura desportiva (adaptado de Navarro & Feal, 2001; Sweetenham & Atkinson, 2003; Valdivielso <i>et al.</i> 2003; Maglischo, 2003; Peyrebrune, 2005).	73
Tabela 6: Idades favoráveis a um melhor rendimento desportivo (Raposo, 2002).	74
Tabela 7: Idades, anos de treino, etapas do desenvolvimento, maturação biológica e escalões de formação do nadador português (Rama & Alves, 2006).	75
Tabela 8: Parâmetros da carga global de treino e os valores de referência do volume de treino por zona de intensidade na etapa de formação técnica (adaptado de Rama & Alves, 2006).	76
Tabela 9: Parâmetros da carga global de treino e os valores de referência do volume de treino por zona de intensidade na etapa de treino de base (adaptado de Rama & Alves, 2006).	76
Tabela 10: Parâmetros da carga global de treino e os valores de referência do volume de treino por zona de intensidade na etapa de treino de orientação (adaptado de Rama & Alves, 2006).	77
Tabela 11: Desenho experimental do estudo.	83
Tabela 12: Protocolo de Balke adaptado para crianças e jovens (Fernandes, 2006; Brown <i>et al.</i> , 2006; Heyward, 2006; Ehrman, 2009).	89
Tabela 13: Protocolo do teste anaeróbio <i>Wingate</i> (adaptado de Inbar <i>et al.</i> , 1996).	91
Tabela 14: Equações de predição da percentagem de massa gorda em crianças e adolescentes do sexo masculino e feminino (Deurenberg <i>et al.</i> , 1990).	97

Tabela 15: Valores médios e desvios padrão das características morfológicas e maturacionais dos diversos subgrupos da amostra, nos dois momentos de avaliação.	108
Tabela 16: Valores de significância da análise ANOVA medidas repetidas da interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes consideradas no estudo, relativamente às características antropométricas.	110
Tabela 17: Valores médios e desvios padrão dos resultados nas variáveis do teste de aptidão aeróbia, dos diversos subgrupos da amostra e nos dois momentos de avaliação.....	116
Tabela 18: Valores de significância da análise ANOVA medidas repetidas da interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes consideradas no estudo, relativamente às variáveis de aptidão aeróbia.	119
Tabela 19: Valores médios e desvios padrão das variáveis da aptidão anaeróbia do WAnT, nos dois momentos de avaliação.....	124
Tabela 20: Valores de significância da análise ANOVA medidas repetidas da interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes consideradas no estudo, relativamente às variáveis da aptidão anaeróbia.	127
Tabela 21: Valores de correlação entre os resultados das variáveis do teste da aptidão aeróbia e do teste da aptidão anaeróbia, nos diversos subgrupos da amostra e nos dois momentos de avaliação.	131

Índice de Figuras

Figura 1: Curvas de crescimento de diferentes partes e tecidos do corpo (Scammon, 1930; imagem retirada de Baxter-Jones & Sherar, 2007).	18
Figura 2: Curvas de distância de crescimento em altura de um rapaz e de uma rapariga entre os 3 e os 18 anos de idade (Malina <i>et al.</i> , 2004; imagem retirada de Baxter-Jones & Sherar, 2007).	20
Figura 3: Curvas de velocidade de crescimento em altura de um rapaz e de uma rapariga entre os 3 e os 18 anos de idade (Malina <i>et al.</i> , 2004; imagem retirada de Baxter-Jones & Sherar, 2007).	20
Figura 4: Curvas de distância de crescimento da massa corporal de um rapaz e de uma rapariga entre os 3 e os 18 anos de idade (Malina <i>et al.</i> , 2004; imagem retirada de Baxter-Jones & Sherar, 2007).	22
Figura 5: Curvas de velocidade de crescimento da massa corporal de um rapaz e de uma rapariga entre os 3 e os 18 anos de idade (Malina <i>et al.</i> , 2004; imagem retirada de Baxter-Jones & Sherar, 2007).	22
Figura 6: Diagrama síntese dos fatores determinantes do rendimento desportivo do nadador (Fernandes, 1999).	70
Figura 7: Passadeira rolante utilizada para a realização do teste de aptidão aeróbia (<i>Technogym Runrace Treadmill HC1200</i> , Itália).	90
Figura 8: Realização do protocolo de <i>Balke</i> adaptado para crianças e jovens, com a utilização do analisador de gases <i>Cosmed K4b²</i> (Roma, Itália), por um dos elementos da amostra.	90
Figura 9: Cicloergómetro utilizado para a realização do teste anaeróbio <i>Wingate</i> (<i>Monark 839E</i> , Vansbro, Suécia).	92
Figura 10: Realização do protocolo do teste anaeróbio <i>Wingate</i> , com a utilização do analisador com utilização do analisador de gases <i>Cosmed K4b²</i> (Roma, Itália), por um dos elementos da amostra.	92
Figura 11: Gráfico do VO_2 e da frequência cardíaca de um participante do estudo durante a realização do teste de <i>Balke</i> adaptado para crianças e jovens.	98
Figura 12: Cálculo das variáveis PP, MP e FI no programa <i>Microsoft Office Excel</i> 2007.	100

Figura 13: Gráfico do VO_2 e da frequência cardíaca de um participante do estudo durante a realização do teste anaeróbio <i>Wingate</i>	100
Figura 14: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Grupo.	111
Figura 15: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Sexo.	111
Figura 16: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Sexo*Grupo, referente ao sexo masculino.	112
Figura 17: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Sexo*Grupo, referente ao sexo feminino.	112
Figura 18: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos pré-púberes.....	113
Figura 19: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos púberes.	113
Figura 20: Diagrama de perfis das médias marginais na variável $\text{PVO}_{2\text{rel}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Maturação.	120
Figura 21: Diagrama de perfis das médias marginais na variável $\text{PVO}_{2\text{rel}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo.	120
Figura 22: Diagrama de perfis das médias marginais na variável $\text{PVO}_{2\text{rel}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Sexo, referente ao sexo masculino.	120
Figura 23: Diagrama de perfis das médias marginais na variável $\text{PVO}_{2\text{rel}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Sexo, referente ao sexo feminino.	120
Figura 24: Diagrama de perfis das médias marginais na variável $\text{PVO}_{2\text{rel}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos pré-púberes.....	121
Figura 25: Diagrama de perfis das médias marginais na variável $\text{PVO}_{2\text{rel}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos púberes.	121
Figura 26: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo.	128

Figura 27: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Maturação.	128
Figura 28: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Sexo, referente ao sexo masculino.	129
Figura 29: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Sexo, referente ao sexo feminino.	129
Figura 30: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos pré-púberes.....	129
Figura 31: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos púberes.	129
Figura 32: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), nos subgrupos de natação, relativo ao momento de avaliação 1. ...	132
Figura 33: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), nos subgrupos de controlo, relativo ao momento de avaliação 1.	132
Figura 34: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável MP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), nos subgrupos de natação, relativo ao momento de avaliação 1.	133
Figura 35: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável MP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), nos subgrupos de controlo, relativo ao momento de avaliação 1.	133
Figura 36: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável PVO_{2relW} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), nos subgrupos de natação, relativo ao momento de avaliação 1.	134
Figura 37: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável PVO_{2relW} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), nos subgrupos de controlo, relativo ao momento de avaliação 1.	134
Figura 38: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável PVO_{2relW} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), nos subgrupos de natação, relativo ao momento de avaliação 2.	135

Figura 39: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável PVO_{2relW} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), nos subgrupos de controlo, relativo ao momento de avaliação 2.	135
---	-----

Lista de Abreviaturas

ADP	-	Adenosina difosfato
ATP	-	Adenosina trifosfato
CAn	-	Capacidade anaeróbia
CFPRE	-	Subgrupo de controlo femininos pré-púberes
CFPUB	-	Subgrupo de controlo femininos púberes
CMPRE	-	Subgrupo de controlo masculinos pré-púberes
CMPUB	-	Subgrupo de controlo masculinos púberes
CO ₂	-	Dióxido de carbono
Cr	-	Creatina
FI	-	Índice de fadiga (<i>fatigue index</i>)
FVT	-	Teste de força-velocidade (<i>force-velocity test</i>)
H ⁺	-	Ião hidrogénio
H ₂ O	-	Água
IMC	-	Índice de massa corporal
MA1	-	Momento de avaliação 1
MA2	-	Momento de avaliação 2
MG	-	Massa gorda
MP	-	Média de potência mecânica (<i>mean power</i>)
MP _{rel}	-	Média de potência mecânica relativa (<i>relative mean power</i>)
NFPRE	-	Subgrupo de natação femininos pré-púberes
NFPUB	-	Subgrupo de natação femininos púberes
NMPRE	-	Subgrupo de natação masculinos pré-púberes
NMPUB	-	Subgrupo de natação masculinos púberes
O ₂	-	Oxigénio
PA	-	Potência aeróbia
PAn	-	Potência anaeróbia
PCr	-	Fosfocreatina

pH	-	Potencial de hidrogénio
PHR	-	Pico de frequência cardíaca (<i>peak heart rate</i>)
PHR _W	-	Pico de frequência cardíaca no teste anaeróbio <i>Wingate</i>
Pi	-	Fosfato inorgânico
PP	-	Pico de potência mecânica (<i>peak power</i>)
PP _{opt}	-	Pico de potência mecânica otimizada (<i>optimal peak power</i>)
PP _{rel}	-	Pico de potência mecânica relativa (<i>relative peak power</i>)
PQ	-	Pico de débito cardíaco (<i>peak cardiac output</i>)
PRER	-	Pico de quociente respiratório (<i>peak respiratory exchange ratio</i>)
PRF	-	Pico de frequência respiratório (<i>peak respiratory frequency</i>)
PSV	-	Pico de volume sistólico (<i>peak stroke volume</i>)
PTV	-	Pico de volume corrente (<i>peak tidal volume</i>)
PV _E	-	Pico de ventilação (<i>peak ventilation</i>)
PVO ₂	-	Pico de consumo de oxigénio
PVO _{2rel}	-	Pico de consumo de oxigénio relativo
PVO _{2relW}	-	Pico de consumo de oxigénio relativo do teste anaeróbio <i>Wingate</i>
PVO _{2W}	-	Pico de consumo de oxigénio do teste anaeróbio <i>Wingate</i>
V _E	-	Ventilação
VO ₂	-	Consumo de oxigénio
VO _{2máx}	-	Consumo máximo de oxigénio
WAnT	-	Teste anaeróbio <i>Wingate</i>

Unidades de Medida do Sistema Internacional

%	-	Porcentagem
cm	-	Centímetro
kg	-	Quilograma
km	-	Quilómetro
L	-	Litro
m	-	Metro
min	-	Minuto
mL	-	Mililitro
mmol	-	Milimole
N	-	Newton
s	-	Segundo
W	-	Watt
bts·min ⁻¹	-	Batimentos por minuto
ciclos·min ⁻¹	-	Ciclos por minuto
kg·m ⁻²	-	Quilograma por metro quadrado
km·h ⁻¹	-	Quilómetro por hora
L·min ⁻¹	-	Litro por minuto
mL·kg·min ⁻¹	-	Mililitro por quilograma por minuto
mL·min ⁻¹	-	Mililitro por minuto
W·kg ⁻¹	-	Watt por quilograma

Resumo

A participação desportiva de atletas pré-púberes e púberes, de ambos os sexos, levanta questões sobre o conhecimento das respostas fisiológicas ao treino, concretamente no que diz respeito à especialização metabólica. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi investigar a ocorrência da especialização metabólica ao longo de uma época desportiva na modalidade de natação pura desportiva.

Participaram no estudo 36 nadadores federados, dos quais 10 eram pré-púberes masculinos ($10,4 \pm 0,7$ anos; $142,3 \pm 7,6$ cm; $36,9 \pm 7,9$ kg), 6 pré-púberes femininos ($9,8 \pm 0,6$ anos; $140,4 \pm 3,9$ cm; $33,0 \pm 4,4$ kg), 10 púberes masculinos ($13,5 \pm 1,5$ anos; $166,9 \pm 8,5$ cm; $56,8 \pm 10,3$ kg) e 10 púberes femininos ($11,3 \pm 0,7$ anos; $152,7 \pm 5,4$ cm; $46,4 \pm 6,8$ kg). O grupo de controlo foi constituído por 36 crianças e adolescentes não praticantes de qualquer modalidade, divididos da mesma forma que o grupo de natação e com características morfológicas semelhantes. A aptidão aeróbia (teste de Balke adaptado para crianças e jovens) e anaeróbia (teste anaeróbio *Wingate*) foi avaliada em dois momentos ao longo da época desportiva. Os resultados obtidos dos diferentes grupos foram comparados e correlacionados relativamente às variáveis de aptidão aeróbia e anaeróbia.

Os resultados identificaram diferenças em algumas variáveis da aptidão aeróbia e anaeróbia considerando os fatores maturação, sexo e grupo, porém, não foram verificados desempenhos que indiciem uma especialização num determinado metabolismo energético. Assim, os resultados mostraram a não especialização metabólica em nadadores pré-púberes e púberes de ambos os sexos, nos testes laboratoriais aplicados.

O estudo forneceu dados aos treinadores quanto ao desempenho aeróbio e anaeróbio dos seus atletas, mas principalmente quanto à orientação do treino para o desenvolvimento de competências técnicas nestas idades, deixando a especialização nas distâncias de nado e no estilo de prova para quando for atingida a especialização metabólica. Estudos futuros deverão avaliar atletas pós-púberes de forma a determinar quando ocorre a especialização metabólica.

Palavras-chave: Aptidão aeróbia; Aptidão anaeróbia; Maturação; Bioenergética; Especialização metabólica; Natação.

Resumen

La participación en el deporte de atletas pre-púberes y púberes, de los dos sexos, plantea preguntas sobre el conocimiento de las respuestas fisiológicas al entrenamiento, en particular la especialización metabólica. En consecuencia, el objetivo de este estudio fue investigar la aparición de especialización metabólica lo largo de una temporada deportiva en la modalidad de natación.

Participaron en la muestra 36 nadadores federados, de los cuales 10 pre-púberes varones ($10,4 \pm 0,7$ años, $142,3 \pm 7,6$ cm, $36,9 \pm 7,9$ kg), 6 pre-púberes mujeres ($9,8 \pm 0,6$ años, $140,4 \pm 3,9$ cm, $33,0 \pm 4,4$ kg), 10 púberes varones ($13,5 \pm 1,5$ años, $166,9 \pm 8,5$ cm; $56,8 \pm 10,3$ kg) y 10 púberes mujeres ($11,3 \pm 0,7$ años, $152,7 \pm 5,4$ cm, $46,4 \pm 6,8$ kg). El grupo de control estaba formado por 36 niños y adolescentes no deportistas, divididos igual al grupo de natación y con características morfológicas similares. La aptitud aeróbica (Balke adaptado para niños y jóvenes) y anaeróbica (test anaeróbico de Wingate) fue evaluada en dos ocasiones a lo largo de la temporada deportiva. Los resultados de los diferentes grupos se compararon y correlacionaron en relación a las variables de aptitud aeróbica y anaeróbica.

Los resultados mostraron diferencias en algunas variables de la capacidad aeróbica y anaeróbica, considerando los factores de madurez, de sexo y de grupo; sin embargo, no se observaron actuaciones para sugerir una especialización en un determinado metabolismo energético. Así, los resultados no mostraron especialización metabólica en pre-púberes y púberes nadadores de ambos sexos, en laboratorio.

El estudio proporcionó a los entrenadores datos sobre el rendimiento aeróbico y anaeróbico de los atletas y de la orientación de la formación para el desarrollo de capacidades técnicas en estas edades, dejando la especialización en las distancias de natación y el estilo de la prueba para cuando se llegue a la especialización metabólica. Los estudios futuros deben evaluar los atletas pos-púberes para determinar cuándo se produce la especialización metabólica.

Palabras clave: Aptitud aeróbica; Aptitud anaeróbica; La maduración; Bioenergética; Especialización metabólica; Natación.

Résumé

La participation au sport des athlètes pré pubères et pubères, des deux sexes, soulève des questions sur la connaissance des réponses physiologiques à l'entraînement, notamment en ce qui concerne la spécialisation métabolique. Ainsi, l'objectif de cette étude était d'étudier l'apparition de spécialisation métabolique long d'une saison sportive en la natation.

Trente-six nageurs fédéré ont participé à l'étude, dont 10 mâles prépubères (10,4±0,7 ans, 142,3±7,6 cm, 36,9±7,9 kg), 6 femelles prépubères (9,8±0,6 ans, 140,4±3,9 cm, 33,0±4,4 kg), 10 mâles pubères (13,5±1,5 ans, 166,9±8,5 cm, 56,8±10,3 kg) et 10 femelles pubères (11,3±0,7 ans, 152,7±5,4 cm, 46,4±6,8 kg). Le groupe témoin était composé de 36 enfants et adolescents non-athlètes, divisé de la même manière que le groupe de natation et avec similaires caractéristiques morphologiques. Les tests d'aptitude aérobie (Balke adapté pour les enfants et les jeunes) et anaérobie (test anaérobie de Wingate) ont été évaluées dans deux fois au cours de la saison sportive. Les résultats des différents groupes ont été comparés et corrélés pour les variables de condition aérobie et anaérobie.

Les résultats identifiés différences dans certaines variables de la capacité aérobie et anaérobie compte tenu et les facteurs de la maturation, le sexe et le groupe, mais pas des performances qui indiquent une spécialisation dans un métabolisme énergétique particulier ont été observées. Ainsi, les résultats n'ont montré aucune spécialisation métabolique en nageurs dans prépubères et pubères, mâle et femelle, appliqué dans les tests de laboratoire.

L'étude fourni des données aux entraîneurs des performances aérobie et anaérobie de leurs athlètes, mais surtout sur la direction de la formation pour le développement des compétences techniques dans ces âges, laissant spécialisation dans les distances et style de la preuve pour quand si obtenez la spécialisation métabolique. Les études futures devraient évaluer les athlètes postpubères pour déterminer quand la spécialisation métabolique se produit.

Mots-clés: Aptitude aérobie; Aptitude anaérobie; Maturation; Bioénergétique; Spécialisation métabolique; Natation.

Abstract

The sport participation of prepubertal and pubertal athletes, of both sexes, raises questions about the knowledge of the physiological responses to training, particularly with regards to metabolic specialization. Accordingly, the aim of this study was to investigate the occurrence of metabolic specialization along a sports season in swimming.

A sample of 36 federated swimmers, of which 10 prepubertal males (10.4 ± 0.7 yr., 142.3 ± 7.6 cm; 36.9 ± 7.9 kg), 6 prepubertal females (9.8 ± 0.6 yr., 140.4 ± 3.9 cm, 33.0 ± 4.4 kg), 10 pubertal males (13.5 ± 1.5 yr., 166.9 ± 8.5 cm, 56.8 ± 10.3 kg) and 10 pubertal females (11.3 ± 0.7 yr., 152.7 ± 5.4 cm, 46.4 ± 6.8 kg). The control group was composed by 36 children and adolescents without any sport practice, divided in the same subgroups that the swimming group and with similar morphological characteristics. The aerobic fitness (Balke test adapted for children and youth) and anaerobic fitness (Wingate anaerobic test) were assessed at two times throughout the season. The results of the different groups were compared and correlated regarding the variables of aerobic and anaerobic fitness.

The results showed differences in some variables of aerobic and anaerobic fitness considering the maturity, sex and group factors, however, were not observed performances that suggests a specialization in a particular energy metabolism. Thus, the results showed no metabolic specialization in prepubertal and pubertal swimmers of both sexes, in the laboratory tests applied.

The study provided data to the coaches relatively to the aerobic and anaerobic performance of their athletes, but mostly about the orientation of the training for the development of technical skills in these ages, leaving specialization in swimming distances and style for when the metabolic specialization is reached. Future studies should evaluate postpubertal athletes to determine when metabolic specialization occurs.

Keywords: Aerobic fitness; Anaerobic fitness; Maturation; Bioenergetics; Metabolic specialization; Swimming.

Capítulo I

Introdução

1.1. Enquadramento do problema

Quando se iniciou a investigação em desporto, cedo os investigadores se preocuparam com as respostas fisiológicas ao exercício físico, em geral, e com as adaptações agudas e crónicas ao treino, em particular. Dentro desta área de investigação, surgiu a necessidade de avaliar e compreender as respostas fisiológicas das crianças e adolescentes ao treino (Bar-Or & Rowland, 2004), bem como as alterações na aptidão aeróbia e na aptidão anaeróbia com o crescimento e maturação (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).

Apesar das preocupações dos investigadores por entender as respostas fisiológicas ao treino, ainda permanecem limitações na sua compreensão (Bar-Or & Rowland, 2004), uma vez que se verificam alguns constrangimentos éticos e metodológicos nos estudos com crianças e adolescentes.

Eticamente, a investigação em crianças e adolescentes encontra-se limitada quanto à utilização de técnicas invasivas e, metodologicamente, existem ainda alguns instrumentos e protocolos inapropriados para a utilização neste grupo etário, porque muitos derivam da aplicação em estudos de adultos, não estando adequados para a aplicação em populações mais jovens. Daí a necessidade dos investigadores em procurar e desenvolver metodologias não-invasivas e ajustadas às crianças e adolescentes (Armstrong & Fawcner, 2008), na avaliação da aptidão aeróbia e anaeróbia.

Relativamente à aptidão aeróbia, a potência aeróbia (PA) tem sido bastante documentada (Baquet, Van Praagh, & Berthoin, 2003; Armstrong, Tomkinson, & Ekelund, 2011; Armstrong & Barker, 2011), sendo o pico de consumo de oxigénio (PVO_2) a medida mais comumente utilizada para descrever esta variável em crianças e adolescentes (e.g., Armstrong, McManus, & Welsman, 2008). Os resultados de diversos estudos, longitudinais e transversais (Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Armstrong *et al.*, 2011), permitiram identificar um aumento do PVO_2 ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$), de forma quase linear com o aumento da idade cronológica nos rapazes, sendo que nas raparigas esse aumento acontece até cerca dos 13 anos e depois permanece num *plateau* durante a adolescência. No entanto, quando analisados o pico de consumo de oxigénio relativo ($\text{PVO}_{2\text{rel}}$), tendo em conta o peso corporal ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), nos rapazes

mantem-se estável ao longo da infância e adolescência e tende a diminuir com a idade nas raparigas.

A revisão de diversos estudos parece indicar melhorias na PA com o exercício físico de pelo menos 12 semanas, independentemente do sexo, idade ou nível maturacional (Armstrong *et al.*, 2011). As crianças e adolescentes são frequentemente incluídos em programas de treino aeróbio com o intuito de perceber os benefícios ao nível da saúde (Baquet *et al.*, 2010), e se o programa cumprir os critérios de intensidade, frequência e duração, são esperadas melhorias no PVO_2 de 5 a 10% (Pfeiffer, Lobelo, Ward, & Pate, 2008). Todavia, na literatura também tem sido dada especial relevância às respostas ao treino nas crianças e adolescentes que participam em modalidades tipicamente de elevados volumes de treino, como é o caso da natação pura desportiva (Faude *et al.*, 2008; Sperlich *et al.*, 2010).

O facto de existirem períodos críticos em que se verificam alterações acentuadas no crescimento, desenvolvimento e maturação (Malina *et al.*, 2004), tem dificultado a compreensão das respostas ao treino em populações pediátricas, porque, algumas alterações associadas ao crescimento, desenvolvimento e maturação, também estão associadas ao treino. Para além disso, a importância relativa dos fatores genéticos versus efeitos do treino na função cardiopulmonar ainda é limitada nestas idades (Rowland, 2008).

As crianças e adolescentes apresentam boa tolerância ao treino aeróbio, contudo, nas atividades diárias, as crianças pré-púberes estão envolvidas maioritariamente em esforços anaeróbios, ou seja, de alta intensidade e de curta duração, em vez de esforços de intensidade moderada e de longa duração (Bailey *et al.*, 1995; Riddoch *et al.*, 2007), mesmo em idades pré-escolares (Collings *et al.*, 2013). Contrariamente ao maior envolvimento em atividades anaeróbias do que aeróbias, encontram-se várias evidências na literatura de que as crianças apresentam um menor desempenho anaeróbio comparativamente com os adolescentes e adultos (Malina *et al.*, 2004; Bar-Or & Rowland, 2004; Rowland, 2005), sendo que os aspetos determinantes da performance anaeróbia incluem fatores morfológicos, fisiológicos, bioquímicos e neuromotores.

Na avaliação da aptidão anaeróbia em crianças e adolescentes não existe uma medida direta tão consensual como é o PVO_2 para a PA. Por exemplo, a utilização da biopsia muscular (Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Chia

& Armstrong, 2007; Van Praagh, 2008), apresenta-se como uma técnica invasiva e, por isso, limitada em termos éticos ao estudo em crianças. Com os avanços da tecnologia, recentemente foi estudada a utilização da espectroscopia de ressonância magnética para medir parâmetros da função metabólica em crianças (Barker *et al.*, 2006), mostrando ser seguro a sua utilização em idades pediátricas. Este método emergiu como sendo bastante promissor para o aumento do conhecimento do metabolismo anaeróbio, contudo, a sua utilização está limitada ao estudo individualizado do membro superior ou inferior, por não existirem espectrómetros que avaliem todo o corpo durante o exercício, para além de ser dispendioso. Na avaliação energética do músculo quadríceps crural, durante o exercício incremental em crianças e adultos, a utilização do referido método mostrou semelhanças entre crianças, dos 9 aos 12 anos, e adultos na realização de exercício moderado, mas, verificaram-se diferenças associadas à idade e ao sexo durante o exercício de alta intensidade (Barker, Welsman, Fulford, Welford, & Armstrong, 2010).

O facto da avaliação direta da aptidão anaeróbia, concretamente da potência (PAn) e capacidade anaeróbia (CAn), apresentar-se limitada a métodos invasivos, dispendiosos e ao pouco equipamento de espectroscopia de ressonância magnética existente, pressupõe que a sua determinação seja, maioritariamente, através da avaliação e interpretação de *outputs* mecânicos, não devendo ser subestimado o importante contributo do teste anaeróbio *Wingate* (WAnT) (Inbar, Bar-Or, & Skinner, 1996; Chia, 2000; Van Praagh, 2008), para o conhecimento da PAn e da CAn em crianças e adolescentes. A aptidão anaeróbia em crianças encontra-se, por isso, menos documentada do que a aptidão aeróbia (Van Praagh, 2000, 2008; Malina *et al.*, 2004; Bar-Or & Rowland, 2004; Rowland, 2005; Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Kenney, Wilmore, & Costill, 2012), no entanto, nos últimos anos tem havido um aumento na aplicação de testes anaeróbios nesta faixa etária.

Apesar do menor volume de investigação, comparativamente com a PA, os resultados publicados permitem perceber que a PAn aumenta durante a infância e adolescência nos rapazes, e aumenta até à adolescência e depois mantém-se constante nas raparigas (Malina *et al.*, 2004; Bar-Or & Rowland, 2004). Nos pré-púberes as diferenças entre os sexos são reduzidas, mas, amplificam-se durante a adolescência (Malina *et al.*, 2004).

Relativamente à análise das respostas anaeróbias ao treino, Tolfrey (2007) menciona que é muito difícil afirmar inequivocamente que ocorram adaptações anaeróbias em crianças e adolescentes após o treino. Por outro lado, afirma que ainda não foram publicadas diretrizes baseadas no conhecimento empírico para caracterizar programas de treino anaeróbio e não existem informações suficientes para determinar se as diferenças na maturação, idade ou sexo das crianças e adolescentes influenciam a treinabilidade anaeróbia. Por estas razões, surge a necessidade de estudos que avaliem crianças e adolescentes atletas relativamente à performance anaeróbia, procurando explicar as diferenças entre o crescimento e maturação, tal como as adaptações ao treino.

Os parâmetros morfológicos e fisiológicos, tais como volume do coração, função pulmonar, capacidade aeróbia e força muscular aumentam com a idade e tamanho corporal (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007). Estas alterações decorrentes do processo de crescimento e maturação poderão confundir os efeitos fisiológicos ao treino e daí a importância de analisar diferentes níveis maturacionais (Baquet *et al.*, 2003). Por outro lado, o treino não parece afetar negativamente o crescimento e maturação de jovens atletas (Malina *et al.*, 2004).

1.2. Definição do problema

A participação das crianças e jovens em diversas modalidades desportivas inicia-se cada vez mais cedo, o que é inerente ao processo de treino e competição, suscitando questões sobre o entendimento das respostas fisiológicas ao exercício físico regular, principalmente em atletas pré-púberes do sexo masculino (Armstrong & McManus, 2011) e feminino (McManus & Armstrong, 2011).

Para aprofundar o conhecimento das respostas fisiológicas ao treino é igualmente essencial avaliar atletas púberes, com o intuito de compreender as alterações decorrentes do processo de crescimento somático e maturação biológica (Malina *et al.*, 2004). Apesar do esforço dos investigadores para desenvolver estudos nesta área, ainda permanecem algumas limitações no conhecimento das respostas fisiológicas ao treino na modalidade de natação, principalmente no sexo feminino.

Na modalidade de natação pura desportiva, o treino é caracterizado por elevados volumes, dentro e fora de água. Segundo o plano de carreira do nadador português (Rama & Alves, 2006), nas idades dos 10 aos 15 anos, o volume máximo semanal ronda os 10 e os 40 km, com um tempo total de treino máximo, dentro de água, entre 5 e 18 horas semanais, respetivamente. Os mesmos autores apresentam ainda os valores de referência do volume de treino por zona de intensidade, onde as etapas de formação técnica e treino de base são caracterizados por cerca de 95% de treino aeróbio (ligeiro, médio e intenso), 3% de capacidade e potência láctica, e 2% de capacidade e potência aláctica. Na etapa de treino de especialização, atletas de 15 e 16 anos do sexo masculino e 14 anos do sexo feminino, os parâmetros da carga variam de acordo com as características da distância nadada, em velocistas ou fundistas. No entanto, é importante perceber quando ocorre a especialização metabólica para direccionar os atletas para a especialização na distância de nado.

Neste sentido, grande parte do treino semanal geralmente realiza-se a baixas intensidades e elevados volumes (Mujika, 1998; Maglischo, 2003), surgindo a necessidade de perceber os efeitos fisiológicos do treino da natação nestas idades dado o elevado volume de treino a que os atletas estão sujeitos.

Relativamente a esta temática, com o intuito de diminuir o tempo de treino na modalidade, alguns autores estudaram a aplicação de treino de altas intensidades versus treino aeróbio de elevados volumes. No estudo de Sperlich *et al.* (2010), o treino de altas intensidades revelou um aumento da performance de competição, do tempo de 2000 metros, do PVO_{2rel} e do pico de concentração de lactato após exercício, em menos cerca de 2 horas de treino por semana. Os autores concluíram que o treino de elevados volumes não é vantajoso comparado com o treino intervalado de altas intensidades e baixos volumes, durante 5 semanas de treino. Conclusões semelhantes já tinham sido evidenciadas em nadadores pós-púberes (Faude *et al.*, 2008). Porém, os efeitos a longo prazo do treino de altas intensidades ainda não são conhecidos (Logan, Harris, Duncan, & Schofield, 2014), e o treino a longo prazo é geralmente realizado com uma predominância de elevados volumes de treino (Maglischo, 2003).

Um elevado PVO_2 é um pré-requisito da performance de elite em muitas modalidades (Armstrong *et al.*, 2011), uma vez que as crianças e adolescentes de ambos os sexos envolvidas no desporto geralmente apresentam um maior PVO_2 do que os seus

pares não treinados (Armstrong *et al.*, 2011; Armstrong & Barker, 2011). As raparigas e rapazes pré-púberes parecem responder de forma semelhante ao treino aeróbio (Tolfrey, Campbell, & Batterham, 1998; Mandigout, Lecoq, Courteix, Guenon, & Obert, 2001; Baquet *et al.*, 2002), no entanto, são escassos os estudos que comparam as diferenças entre os sexos em jovens púberes. Este maior PVO₂ sugere que a treinabilidade que as crianças e adolescentes apresentam ao treino aeróbio, deve ser superior às melhorias na PAn e da CAn, associadas ao normal crescimento, desenvolvimento e maturação (Pfeiffer *et al.*, 2008). Desta forma, torna-se necessário averiguar se as alterações nos parâmetros fisiológicos, durante a aplicação de um programa de treino, são devido ao crescimento e maturação, ao treino ou a ambos os fatores, uma vez que ainda existem algumas limitações quanto ao conhecimento dos efeitos do crescimento e maturação, bem como do sexo na treinabilidade aeróbia (Pfeiffer *et al.*, 2008).

A análise de nadadores pré-púberes, púberes e pós-púberes de ambos os sexos na PAn e na CAn em cicloergómetro (Ribeiro, 2007), através do WAnT realizado com os membros inferiores, mostrou um aumento significativo na potência máxima gerada no teste ao longo dos níveis maturacionais, tendo os rapazes valores significativamente superiores às raparigas. No entanto, as limitações impostas no âmbito da avaliação e interpretação da PAn e na CAn, aumentam quando se avaliam crianças e jovens desportistas no período *circum*-pubertário, associadas à variação inter-individual no crescimento somático e maturação biológica e da sua relação com as respostas ao treino. Assim, é imprescindível mais informação relativamente aos efeitos do treino em crianças e adolescentes atletas na PAn e na CAn (Van Praagh, 2008).

Parece evidente que ao longo do crescimento e maturação, o organismo estará mais apto ao desenvolvimento de ambos os sistemas energéticos, aeróbio e anaeróbio (Malina *et al.*, 2004), havendo também possíveis melhorias com o treino regular na PA (e.g., Sperlich *et al.*, 2010) e na PAn e CAn (e.g., Ingle, Sleaf, & Tolfrey, 2006). Contudo, desconhece-se efetivamente quando surge a especialização metabólica.

A literatura referente à especialização metabólica em crianças e jovens parece indicar que esta acontece perto do final da puberdade, em sujeitos não treinados (Falk & Bar-Or, 1993), no entanto, o conhecimento em atletas treinados, associado aos efeitos do treino e nível maturacional, é ainda limitado, principalmente ao longo de uma época desportiva e em atletas do sexo feminino. Conquanto, segundo Balyi & Williams

(2009), é fulcral perceber em que momento acontece a especialização metabólica para potenciar o treino de uma modalidade desportiva em função das capacidades dos seus praticantes.

Nesta linha de pensamento, pretende-se responder ao seguinte problema: Serão as crianças e adolescentes dos 10 aos 15 anos especializadas metabolicamente ao longo de uma época desportiva, na modalidade de natação pura desportiva?

1.3. Objetivos do estudo

Os objetivos definidos são linhas orientadoras que nos guiam ao longo do que se pretende estudar nesta investigação, procurando responder às questões enunciadas na definição do problema.

Nesse sentido, os objetivos do estudo são:

- Caracterizar e comparar morfológicamente crianças e adolescentes, rapazes e raparigas, praticantes da modalidade de natação (grupo de natação) e não praticantes de qualquer modalidade desportiva (grupo de controlo), em dois momentos distintos ao longo de uma época desportiva;
- Caracterizar e comparar fisiologicamente crianças e adolescentes, rapazes e raparigas, praticantes da modalidade de natação e não praticantes de qualquer modalidade desportiva, num teste laboratorial de esforço predominantemente aeróbio, em dois momentos distintos ao longo de uma época desportiva;
- Caracterizar e comparar fisiologicamente crianças e adolescentes, rapazes e raparigas, praticantes da modalidade de natação e não praticantes de qualquer modalidade desportiva, num teste laboratorial de esforço predominantemente anaeróbio, em dois momentos distintos ao longo de uma época desportiva;
- Correlacionar os resultados dos testes laboratoriais de esforço predominantemente aeróbio e anaeróbio, nos diversos subgrupos e nos dois momentos de avaliação, verificando se existe especialização metabólica em crianças e adolescentes, praticantes da modalidade de natação, ao longo de uma época desportiva.

Em suma, com este estudo pretende-se contribuir para aumentar o corpo de conhecimento que permita melhorar a prescrição, planeamento e avaliação do treino em crianças e adolescentes praticantes de natação pura desportiva, sendo também um objetivo do estudo a divulgação dos resultados a todos os intervenientes no processo de treino.

Capítulo II

Revisão da Literatura

2.1. Introdução

Definida a problemática no capítulo anterior, importa agora fazer uma revisão do “estado da arte” sobre os aspetos essenciais para a justificação do estudo e definição da metodologia a utilizar. Assim, este capítulo foi pensado de forma a abordar as áreas fundamentais para o conhecimento inerente ao desenvolvimento do presente estudo.

A participação das crianças em estudos de investigação levanta questões éticas quanto à obtenção de consentimento e assentimento, tal como serem objeto de estudo (Jago & Bailey, 2001; Winter & Cobb, 2008). Desta forma, pretende-se expor alguns aspetos éticos relacionados com a participação de crianças e adolescentes em estudos de investigação, bem como os pressupostos para a sua avaliação e participação em estudos científicos.

Na avaliação de crianças e adolescentes é essencial perceber os aspetos relacionados com o crescimento, desenvolvimento e maturação (Malina *et al.*, 2004). A avaliação da morfologia externa e da maturação biológica são vitais para apreciar as alterações na aptidão aeróbia e anaeróbia, associadas ao crescimento e maturação das crianças e adolescentes. Os termos adolescência e puberdade são utilizados como sinónimos na literatura pediátrica, não havendo clara distinção entre as suas definições (Baxter-Jones & Sherar, 2007), por isso, são utilizados os dois termos como sinónimos ao longo do presente estudo.

O aprofundamento do conhecimento da fisiologia do exercício em crianças e adolescentes (Bar-Or & Rowland, 2004; Rowland, 2005) permite uma melhor compreensão dos metabolismos energéticos, da função cardiovascular e da função pulmonar.

Por outro lado, o desenvolvimento da aptidão aeróbia (Armstrong *et al.*, 2008) e anaeróbia (Inbar & Chia, 2008) em jovens atletas ainda necessita de maior investigação (Baxter-Jones & Mundt, 2007; Tolfrey, 2007), todavia, é indispensável realizar uma abordagem ao conhecimento existente, para melhor compreender as diferenças esperadas entre crianças e adolescentes saudáveis praticantes de uma modalidade desportiva e não praticantes de qualquer modalidade desportiva.

Associada à treinabilidade da aptidão aeróbia e anaeróbia, o conhecimento relacionado com a especialização metabólica ainda se encontra limitado em crianças e

jovens atletas, pelo que é essencial verificar os estudos desenvolvidos sobre esta temática.

Por fim, será apresentada uma breve caracterização da modalidade de natação pura desportiva, focando especial atenção ao plano de carreira do nadador a longo prazo, que advêm da compreensão dos fatores determinantes para o rendimento desportivo.

2.2. Aspetos éticos da participação de crianças e adolescentes em estudos de investigação

A participação das crianças e adolescentes em estudos de investigação invoca preocupações específicas, incluindo a forma como as crianças podem legalmente fornecer consentimento para a participação no estudo e os riscos e benefícios do seu envolvimento na pesquisa (Jago & Bailey, 2001).

Aquando da definição do problema, definição dos objetivos de estudo e a seleção dos procedimentos metodológicos, é fundamental analisar os possíveis riscos e benefícios para as crianças e adolescentes que participam na investigação (Jago & Bailey, 2001), nomeadamente perceber os seus direitos e salvaguardar os seus interesses (Powell & Smith, 2009).

Do ponto de vista ético, moral e legal, de forma a desenvolver investigações de âmbito científico em crianças e adolescentes, treinados ou não treinados, o consentimento deve ser obtido pelos pais ou representantes legais (Jago & Bailey, 2001; Flewitt, 2005; Balen *et al.*, 2006; Hebestreit & Beneke, 2008; Winter & Cobb, 2008; Mortari & Harcourt, 2012). Estes devem compreender claramente os objetivos do estudo, mas, também os aspetos práticos das recolhas, como os momentos em que estas ocorrem e, por exemplo, como serão efetuados os transportes para o laboratório (Nevill, 2003). Após explicação de todos os objetivos e esclarecimento de eventuais dúvidas, os pais ou representantes legais deverão assinar o termo de consentimento, de forma a comprovar a sua aceitação, para que os seus educandos possam participar no estudo.

No entanto, o facto de ser dado o consentimento por parte dos representantes legais, não é uma premissa que obrigue as crianças e adolescentes a participar na

investigação. Para isso deve ser pedido o seu assentimento, que surge com a necessidade de perceber se as crianças e adolescentes querem ou não participar no estudo (Jago & Bailey, 2001; Harcourt & Conroy, 2005; Balen *et al.*, 2006; Mortari & Harcourt, 2012). Conquanto, em estudos com vários momentos de recolha, o assentimento deverá ser pedido ao longo do estudo e não apenas no momento inicial (Flewitt, 2005). A linguagem deve ser clarificada e adaptada às crianças e elas devem perceber os objetivos do estudo e quais são os procedimentos dos testes que vão realizar. Segundo Jago & Bailey (2001), a participação das crianças e adolescentes deverá ser voluntária, suscetível de ser interrompida a qualquer altura.

Um aspeto que também merece especial consideração é a confidencialidade de toda a informação recolhida, não devendo os investigadores fornecer dados sobre as crianças e adolescentes que participaram no estudo, o qual deverá ser claramente explicado no momento em que se obtém o consentimento e assentimento (Jago & Bailey, 2001; Armstrong & Welsman, 2008).

A investigação envolvendo crianças e adolescentes é um importante meio para a compreensão das respostas fisiológicas ao treino (Nevill, 2003). Assim, as crianças e adolescentes podem, legalmente, atuar como participantes em estudos de investigação, uma vez que os estudos no âmbito da investigação do exercício pediátrico geralmente não apresentam mais do que o risco negligenciável e aceitável, podendo fornecer benefícios sociológicos e educacionais para as crianças (Jago & Bailey, 2001; Armstrong & Welsman, 2008).

2.3. Crescimento, desenvolvimento e maturação

A compreensão dos termos crescimento, desenvolvimento e maturação é essencial para apreciar as alterações ocorridas na função fisiológica de crianças e adolescentes. Diferenças no nível de crescimento e maturação entre crianças podem ter efeito profundo na performance de atividade física ou desportiva. Embora apareçam frequentemente relacionados na literatura, estes três processos são biologicamente diferentes.

Crescimento refere-se ao aumento do tamanho corporal ou das suas partes. Com o crescimento as crianças ficam mais altas e pesadas, aumenta a massa magra e massa gorda (MG), bem como os órgãos aumentam em tamanho (Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Vieira & Fragoso, 2006; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008; Beunen & Malina, 2008; Malina & Beunen, 2008; Kenney *et al.*, 2012). Existem três fatores responsáveis pelas modificações celulares verificadas ao longo do crescimento (Malina *et al.*, 2004): hiperplasia (aumento do número de células); hipertrofia (aumento do tamanho das células); e acreção (aumento das substâncias intra ou extracelulares).

Desenvolvimento, em termos biológicos, diz respeito à diferenciação e especialização das células (Malina *et al.*, 2004; Vieira & Fragoso, 2006; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008; Kenney *et al.*, 2012). Ocorre principalmente no início do período pré-natal, quando são formados os sistemas de tecidos e órgãos, estando dependente da replicação de genes ou conjunto de genes que interagem com hormonas e nutrientes no ambiente pré-natal, todavia, continua após o nascimento, à medida que os diferentes sistemas ficam funcionalmente especializados. Por outro lado, o desenvolvimento encontra-se também relacionado com a aquisição de competências comportamentais (aprendizagem de comportamentos esperados pela sociedade), em diversos domínios, nomeadamente a nível cognitivo, emocional, social, moral e motor, sendo influenciado pela cultura onde as crianças e adolescentes estão inseridos (Malina *et al.*, 2004).

Maturação é descrita como o processo de aquisição do estado maturo, entendido como a obtenção da maturação biológica, que varia em função do sistema considerado. Este processo tem duas componentes, *timing* (momento) e *tempo* (ritmo), que variam entre indivíduos, com as crianças da mesma idade cronológica, podendo diferir consideravelmente no seu grau de maturação biológica. O primeiro, *timing*, refere-se à ocorrência do evento maturacional específico (e.g., idade do aparecimento dos pelos púbicos nos rapazes e raparigas), enquanto o segundo, *tempo*, refere-se ao ritmo de cada processo de maturação (e.g., quanto mais rápido ou mais lento um indivíduo passa de um estágio inicial de maturação sexual ao estado maturo) (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones, Eisenmann, & Sherar, 2005; Rowland, 2005; Vieira & Fragoso, 2006; Baxter-

Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008; Beunen & Malina, 2008; Malina & Beunen, 2008; Kenney *et al.*, 2012).

O período de vida desde o nascimento até ao estado adulto é geralmente dividido em três fases (Malina *et al.*, 2004; Vieira & Fragoso, 2006): a 1ª infância (“*Infancy*”) vai desde o nascimento até 1 ano de vida, sendo caracterizada por um rápido crescimento corporal e desenvolvimento dos diversos sistemas do corpo, e de rápido desenvolvimento do sistema neuromuscular; a 2ª infância (“*Childhood*”) vai desde a 1ª infância até ao início da adolescência e está dividida em idade pré-escolar (continua o rápido crescimento e desenvolvimento) e escolar (progresso relativamente estável ao nível do crescimento, maturação e desenvolvimento comportamental); e a adolescência (“*Adolescence*”) que é um período mais difícil de definir em termos cronológicos devido à variação do início e do seu término, onde neste período, a maioria dos sistemas corporais tornam-se adultos em termos estruturais (e.g., alterações na taxa de crescimento em altura) e funcionais (e.g., na maturação sexual verificam-se alterações no sistema neuroendócrino antes das alterações físicas e termina com o atingir da maturação do sistema reprodutor).

2.3.1. Crescimento somático

Diferentes partes do corpo crescem em diferentes momentos e ritmos. Segundo Scammon (1930), os tecidos e sistemas seguem 4 padrões de crescimento: (1) neurológico (e.g., cérebro, cabeça); (2) genital (e.g., órgãos reprodutores); (3) geral (e.g., altura, tamanho do coração) e (4) linfoide (e.g., gânglios linfáticos).

A Figura 1 apresenta as curvas desses padrões de crescimento, expressas em percentagem do tamanho total de crescimento pós-natal, de acordo com a idade, desde o nascimento até aos 20 anos de idade.

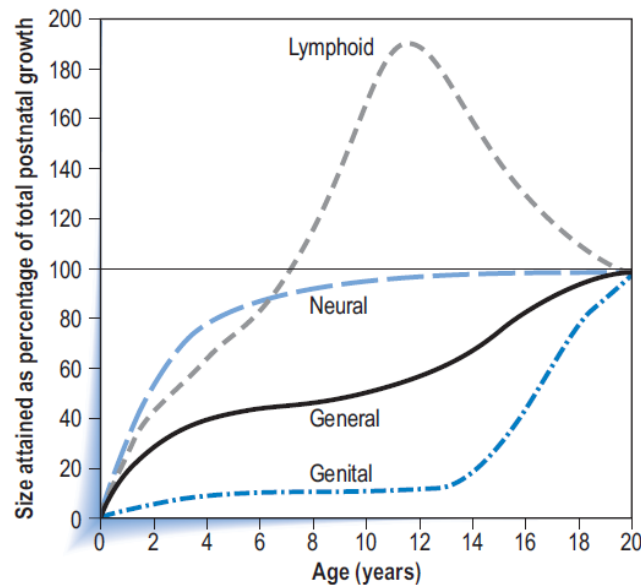


Figura 1: Curvas de crescimento de diferentes partes e tecidos do corpo (Scammon, 1930; imagem retirada de Baxter-Jones & Sherar, 2007).

Na interpretação das curvas de crescimento de diferentes partes e tecidos do corpo (Figura 1), a curva geral (*general*) inclui vários tecidos e sistemas (e.g., tecido ósseo e sistema respiratório), e segue uma curva sigmoide (em “S”), refletindo um rápido crescimento na 1ª infância e início da 2ª infância, estabilização durante a 2ª infância, rápido crescimento durante o início da adolescência até ao final da adolescência, sendo que por volta dos 12 anos de idade, as crianças possuem aproximadamente 85% da altura adulta.

O crescimento do cérebro e da cabeça são os mais rápidos desde o nascimento (curva neural), atingindo cerca de 50% aos 2 anos de idade e o tamanho adulto por volta dos 10 anos.

A curva genital inclui os caracteres sexuais primários (e.g., útero nas raparigas e próstata nos rapazes) e secundários (e.g., pelos púbicos em ambos os sexos), sendo que por volta dos 12 anos de idade os órgãos reprodutores são apenas 10% do tamanho adulto e durante a adolescência verifica-se um rápido crescimento nos tecidos genitais.

A curva linfoide (*lymphoid*) reflete as capacidades imunológicas, com um aumento notável no tamanho até ao início da adolescência e uma diminuição acentuada durante a puberdade (Malina *et al.*, 2004; Vieira & Fragoso, 2006; Baxter-Jones &

Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008), provavelmente devido à regulação das hormonas sexuais durante este período (Rowland, 2005).

O crescimento na infância ocorre do sentido distal para proximal, daí serem observados jovens com pés e mãos grandes, quando comparados com o resto do corpo. O período desde a infância até à adolescência é igualmente marcado pelo crescimento mais rápido das extremidades inferiores, quando equiparadas com a parte superior do corpo. O crescimento entre o sexo feminino e masculino é semelhante até aos 12 anos, sendo as pernas das meninas ligeiramente maiores. Contudo, o crescimento nos meninos permanece por mais 2 anos, aproximadamente, ficando estes com uma altura superior em relação ao sexo feminino (Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008).

2.3.1.1. Estatura

Os termos estatura ou altura são sinónimos na literatura pediátrica e também neste estudo. É uma medida somática que se obtém através de uma medição linear desde o solo até ao vértex (ponto superior da cabeça), sendo o indicador de crescimento somático mais usual pela sua facilidade de mensuração (Malina *et al.*, 2004; Beunen & Malina, 2008; Claessens, Beunen, & Malina, 2008; Malina & Beunen, 2008; Lohman, Going, & Herrin, 2008; Fragoso & Vieira, 2011; Kenney *et al.*, 2012; Slater, Woolford, & Marfell-Jones, 2013). Esta medida varia ao longo do dia (Malina & Beunen, 2008), podendo ocorrer alterações até 1 cm ou mais, devido à diminuição dos espaços intervertebrais por compressão (Malina *et al.*, 2004).

As Figuras 2 e 3 representam as curvas típicas de crescimento em altura, de um rapaz e de uma rapariga, entre os 3 e os 18 anos (Malina *et al.*, 2004). Embora as curvas pareçam suavizadas, o crescimento não é um processo contínuo, podendo ocorrer picos de crescimento ou períodos em que não ocorre crescimento, nem linear, porque os indivíduos não crescem ao mesmo ritmo em cada ano cronológico (Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008).

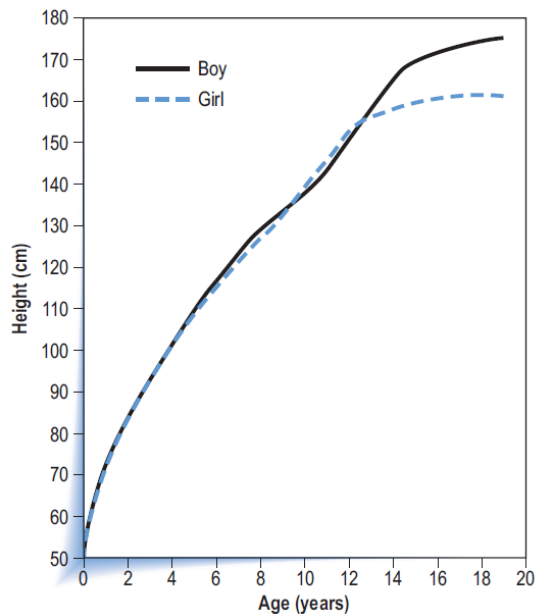


Figura 2: Curvas de distância de crescimento em altura de um rapaz e de uma rapariga entre os 3 e os 18 anos de idade (Malina *et al.*, 2004; imagem retirada de Baxter-Jones & Sherar, 2007).

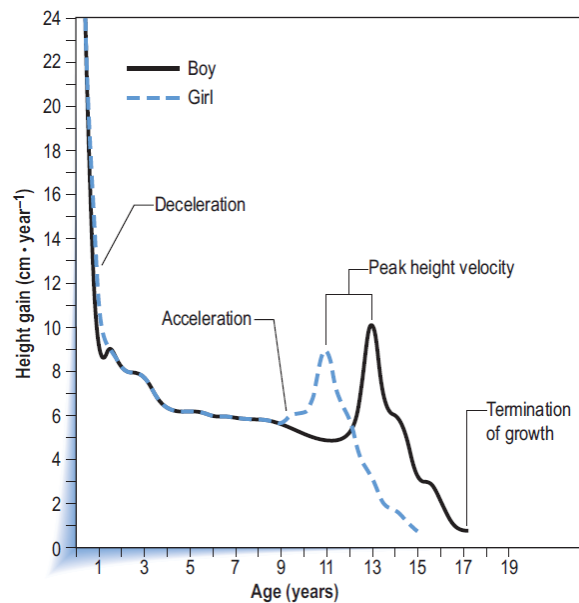


Figura 3: Curvas de velocidade de crescimento em altura de um rapaz e de uma rapariga entre os 3 e os 18 anos de idade (Malina *et al.*, 2004; imagem retirada de Baxter-Jones & Sherar, 2007).

A Figura 2 exibe a curva de distância de crescimento em altura, contudo, os padrões de crescimento relativamente à curva sigmoide (*general*) anteriormente analisada (Figura 1), tornam-se mais facilmente perceptíveis numa curva de velocidade de crescimento (Figura 3), refletindo o estado de crescimento da criança em cada período específico. Nessa curva pode-se constatar que no primeiro ano de vida, os bebés crescem, em média, 25 cm por ano e no segundo ano de vida cerca de 12-13 cm (Malina *et al.*, 2004). Assim, aos 2 anos de idade prevê-se que a criança tenha atingido cerca de 50% da estatura adulta. A partir dessa idade, verifica-se uma desaceleração do crescimento em altura, passando para uma taxa de aproximadamente 5-6 cm por ano, até ao início do pico de velocidade de crescimento em altura. O pico de velocidade de crescimento em altura refere-se à taxa máxima de crescimento em altura durante a idade pubertária, ocorrendo, em média, dois anos mais cedo nas raparigas (Beunen & Malina, 2008), com o início entre os 8,2 e os 10,3 anos e o pico entre os 11,3 e os 12,2 anos, quando comparado com os rapazes, entre os 10,0 e os 12,1 anos e os 13,3 e os 14,4 anos, respetivamente (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008).

Em média, o sexo masculino apresenta 13 cm a mais na altura final adulta do que o sexo feminino (Malina *et al.*, 2004). Até ao início do pico de velocidade de crescimento em altura as diferenças entre os sexos são diminutas, no entanto, os rapazes adquirem vantagem durante o período pré-pubertário e pubertário, devido a experienciarem, em média, mais 2 anos de crescimento no período pré-pubertário (aproximadamente 5 cm por ano), e atingirem um pico de velocidade de crescimento em altura, em média, 2 cm superior. As raparigas terminam o crescimento em altura por volta dos 16 anos, enquanto os rapazes por volta dos 18 anos de idade (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008).

Segundo Malina *et al.* (2004), o crescimento em altura nos rapazes pode continuar até cerca dos 20 anos, não sendo refletido nos gráficos devido aos estudos, geralmente, terminarem de avaliar esta variável aos 18 anos de idade.

Para Balyi, Way, & Higgs (2013), a avaliação constante do crescimento pode ser utilizada para monitorização e identificação do nível de maturação dos atletas, contribuindo para que os programas de treino, competição e recuperação, sejam adequados à maturação biológica e não à idade cronológica. Esse procedimento permite ainda identificar os atletas avançados e atrasados maturacionalmente, para a adequação do planeamento a longo prazo aos períodos sensíveis, onde são esperadas adaptações mais rápidas ao treino.

2.3.1.2. Massa corporal

A massa corporal ou peso é o resultado de uma combinação de tecidos, incluindo tecido adiposo e tecido livre de gordura, que se desenvolvem em quantidades e períodos distintos (Malina *et al.*, 2004; Malina, 2007; Malina & Geithner, 2011). As variações na massa corporal advêm das alterações na MG, massa livre de gordura e da água corporal (hidratação ou desidratação). A proporção de MG depende de fatores como idade, sexo, ambiente e genética. Tal como acontece com a estatura, também a massa corporal pode variar ao longo do dia, de acordo com a dieta e atividade física, podendo ser afetada pela fase do ciclo menstrual nas raparigas adolescentes (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008).

As Figuras 4 e 5 representam as curvas típicas de crescimento da massa corporal, de um rapaz e de uma rapariga, entre os 3 e os 18 anos (Malina *et al.*, 2004), sendo que a Figura 4 mostra a curva de distância de crescimento da massa corporal, enquanto a Figura 5 representa a respetiva curva de velocidade de crescimento.

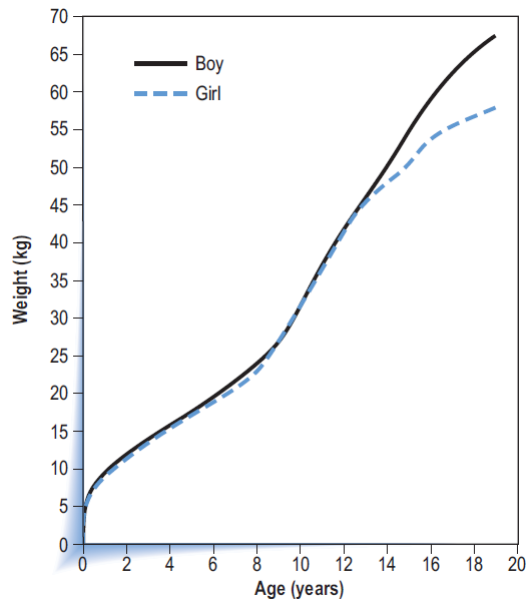


Figura 4: Curvas de distância de crescimento da massa corporal de um rapaz e de uma rapariga entre os 3 e os 18 anos de idade (Malina *et al.*, 2004; imagem retirada de Baxter-Jones & Sherar, 2007).

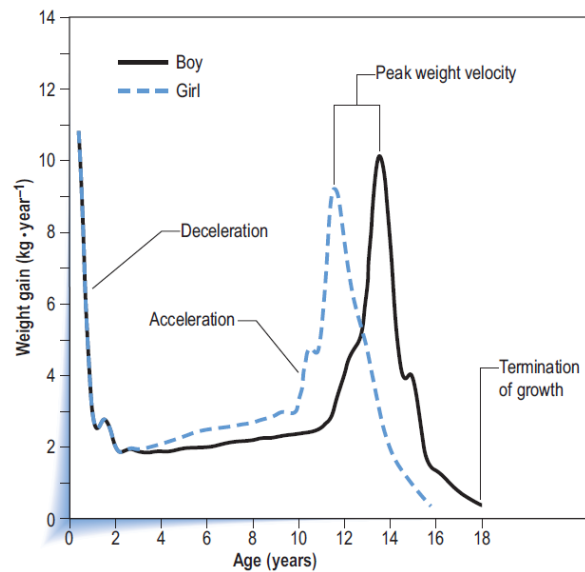


Figura 5: Curvas de velocidade de crescimento da massa corporal de um rapaz e de uma rapariga entre os 3 e os 18 anos de idade (Malina *et al.*, 2004; imagem retirada de Baxter-Jones & Sherar, 2007).

Da mesma forma que na velocidade de crescimento em altura (Figura 3), a massa corporal segue um padrão de crescimento de 4 fases: rápido crescimento na 1ª infância e início da 2ª infância; ganhos mais ou menos constantes durante a 2ª infância; rápido crescimento durante o início da adolescência; e um crescimento lento até à fase adulta (Malina *et al.*, 2004; Vieira & Fragoso, 2006; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008).

O momento exato do pico de velocidade de crescimento na massa corporal geralmente é menos claro do que se verifica na altura, no entanto, estima-se que ocorra, geralmente, entre os 0,2-0,4 anos de idade após o pico de velocidade de crescimento em altura nos rapazes e os 0,3-0,9 nas raparigas (Armstrong & Welsman, 1997).

Os rapazes e as raparigas seguem o mesmo padrão de desenvolvimento da massa corporal. Antes do pico de velocidade de crescimento da massa corporal os rapazes são ligeiramente mais pesados, depois as raparigas ficam mais pesadas devido à ocorrência do pico de velocidade de crescimento da massa corporal no sexo feminino, e por fim, os rapazes ficam mais pesados do que as raparigas após o seu pico de velocidade de crescimento da massa corporal (Malina *et al.*, 2004). As raparigas aumentam o seu peso em cerca de 20 kg entre os 10 e os 14 anos de idade e 5 kg entre os 16 e os 20 anos de idade, porém, os rapazes experienciam um período de maior crescimento entre os 12 e os 16 anos (20-25 kg), e ganham apenas cerca de 10 kg entre os 16 e os 20 anos de idade (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008).

É de salientar a existência de um intervalo normal de variação individual na massa corporal, refletido num peso mais elevado em algumas meninas, em relação à maioria dos meninos, em praticamente todas as idades. Nos meninos, o pico de crescimento da massa corporal deve-se, principalmente, ao ganho de massa muscular e tecido ósseo, com a MG mantendo-se relativamente estável, enquanto nas meninas, durante a adolescência, observa-se um aumento menos acentuado da massa muscular e tecido ósseo, mas, um aumento contínuo da MG. Este aumento contribui para a alteração do centro de gravidade nas raparigas (Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008), podendo estas adaptações afetar negativamente o desempenho em algumas modalidades (Malina *et al.*, 2004).

O conhecimento da morfologia externa contribui para uma melhor compressão das alterações referidas anteriormente, quanto à altura, peso e composição corporal das crianças e adolescentes.

2.3.2. Avaliação da morfologia externa

A morfologia externa refere-se ao estudo dos ossos, músculos e tecido adiposo ao longo do crescimento e desenvolvimento (Fragoso & Vieira, 2011), onde a proporção entre esses diferentes componentes corporais diz respeito à composição corporal, sendo expressa geralmente pela percentagem de MG e massa livre de gordura (massa magra), quando se utiliza o modelo de 2 compartimentos (Malina, 2007;

Claessens *et al.*, 2008; Lohman *et al.*, 2008; Malina & Geithner, 2011; Kenney *et al.*, 2012; Slater *et al.*, 2013).

A altura e o peso são as medidas antropométricas mais avaliadas em diversos estudos de crianças e adolescentes, pela sua fácil mensuração (Malina *et al.*, 2004; Claessens *et al.*, 2008; Malina & Beunen, 2008) e permitem a identificação da maturação somática, principalmente a altura, se for medida ao longo do tempo (estudo longitudinal de cada indivíduo) (Malina & Beunen, 2008; Kemper, 2008; Balyi *et al.*, 2013). O índice de massa corporal (IMC), expresso através da relação entre a altura e o peso, determina, razoavelmente bem a gordura corporal total, sendo amplamente utilizado em estudos relacionados com o excesso de peso e obesidade, no entanto, a sua aplicação em jovens atletas é limitada e questionável (Malina, 2007; Malina & Beunen, 2008).

A avaliação da composição corporal tem sido utilizada, na literatura pediátrica, para estudar as variações com o crescimento e maturação (Malina *et al.*, 2004), tal como os aspetos relacionados com a saúde, nomeadamente as doenças decorrentes da prevalência de obesidade (Jolliffe & Janssen, 2006; Baker, Olsen, & Sorensen, 2007) e os benefícios da atividade física a longo prazo (Janz *et al.*, 2009, 2010). Não obstante, a participação desportiva evidencia-se como um comportamento relativamente estável durante a adolescência (Malina, 2001), e um preditor da atividade física na idade adulta jovem (Tammelin, Nayha, Hills, & Jarvelin, 2003; Temala, Yang, Hirvensalo, & Raitakari, 2006).

No âmbito da avaliação da composição corporal durante o crescimento e adolescência, a participação desportiva regular tem sido encarada como uma forma de impedir o excesso de peso e obesidade (Strong *et al.*, 2005). Nas crianças envolvidas numa modalidade desportiva são geralmente observados baixos índices de gordura (Malina, 2009; Malina & Geithner, 2011), nomeadamente menor adiposidade medida através das pregas adiposas, menor IMC e menor percentagem de MG (Strong *et al.*, 2005), influenciados pelo tipo de desporto praticado (Malina & Geithner, 2011; Slater *et al.*, 2013).

A monitorização constante da composição corporal, no âmbito desportivo, revela ser um importante indicador da saúde e desenvolvimento físico das crianças e adolescentes atletas (Lohman *et al.*, 2008; Slater *et al.*, 2013), como a prática de maus

hábitos alimentares, treino excessivo e doenças ou para relacionar a composição corporal com a performance.

Para além disso, a avaliação da morfologia externa está inerente aos programas de identificação, seleção e desenvolvimento de talentos, assumindo preponderância para o desenvolvimento de competências desportivas (Malina, 2008), como por exemplo, a identificação de aspetos essenciais da composição corporal para as exigências da modalidade de natação pura desportiva (Rossi, Ricci-Vitor, Sabino, Vanderlei, & Freitas Junior, 2013).

Atualmente encontram-se disponíveis vários métodos para a avaliação da composição corporal de crianças e adolescentes atletas (Malina *et al.*, 2004; Malina, 2007; Claessens *et al.*, 2008; Malina & Geithner, 2011; Lohman *et al.*, 2008; Slater *et al.*, 2013). Entre os mais utilizados, destacam-se a densitometria, pesagem hidrostática, pletismografia, hidrometria, absorptometria radiológica de dupla energia (DEXA), análise de impedância bioelétrica e antropometria. Os métodos indiretos baseiam-se em modelos de análise química, atómica, celular e tecidual que refletem relações esperadas entre os vários constituintes do corpo para extrapolar as quantidades de MG e de massa magra (Malina, 2007; Claessens *et al.*, 2008; Lohman *et al.*, 2008; Kenney *et al.*, 2012; Slater *et al.*, 2013). No entanto, são necessários equipamentos específicos, envolvendo também, geralmente, mais custos e maior dispêndio de tempo na sua avaliação.

Os métodos duplamente indiretos surgem a partir dos métodos indiretos e que se encontram devidamente validados, nomeadamente a análise de impedância bioelétrica e a antropometria (Malina, 2007; Claessens *et al.*, 2008; Lohman *et al.*, 2008; Fragoso & Vieira, 2011; Slater *et al.*, 2013). A análise de impedância bioelétrica é um método não-invasivo, relativamente rápido e barato para avaliar a composição corporal, no entanto, este método apresenta algumas limitações na análise de crianças e adolescentes atletas, devido à fisiologia dos atletas ser frequentemente alterada e consequentemente, alterar as medidas de impedância (Lohman *et al.*, 2008).

Devido ao reduzido tempo necessário, baixo custo e ser prático, a antropometria é o método de eleição na avaliação da morfologia externa de várias populações de crianças e adolescentes, incluindo os jovens atletas (Malina, 2007; Claessens *et al.*, 2008; Lohman *et al.*, 2008; Slater *et al.*, 2013). O uso das pregas adiposas para estimar a percentagem de MG, e indiretamente a massa livre de gordura, surgiu como um método

válido para a população atlética (Lohman *et al.*, 2008), existindo enumeras fórmulas disponíveis, de acordo com as características da população em estudo. A relação entre as pregas adiposas e a MG varia com a idade e maturação (Slaughter *et al.*, 1988; Deurenberg, Pieters, & Hautvast, 1990), mas também com o nível atlético (Heyward & Wagner, 2004), sendo, por isso, fundamental as equações estarem validadas.

A validade dos dados antropométricos depende da minimização dos erros de medida, devendo ser adotada a posição antropométrica e marcados os pontos de referência anatómicos (Malina & Beunen, 2008; Fragoso & Vieira, 2011). Por exemplo, a colocação do adipómetro com um desvio de 1 a 2 cm do local correto pode provocar variações significativas no valor da prega (Hume & Marfell-Jones, 2008).

Na avaliação antropométrica é imprescindível a elaboração de protocolos e procedimentos a adotar durante as medições (Eston, Hawes, Martin, & Reilly, 2009; Fragoso & Vieira, 2011; Stewart, Marfell-Jones, Olds, & De Ridder, 2011; Slater *et al.*, 2013). Para além disso, se no estudo houver medidas repetidas ao longo do tempo, estas deverão, sempre que possível, ser realizadas pelo mesmo investigador (Hume & Marfell-Jones, 2008).

Na Tabela 1 encontram-se apresentados dados relativos às características morfológicas de estudos com nadadores, de ambos os sexos. De salientar que estes dados devem servir apenas de referência, pois, derivam de diversos estudos, nomeadamente com diferentes formas de determinação da composição corporal.

Tabela 1: Características morfológicas de estudos com nadadores do sexo masculino e feminino.

Autores	Ano	Sexo	Idade (anos)	Altura (cm)	Peso (kg)	MG (%)
Maia <i>et al.</i>	1988	M	10-12	143,1	39,7	13,3
		F	10-11	145,7	34,9	19,6
		M	14	172	60,6	14
Cazorla	1993		15	176,9	66,0	14
			12	158,1	46,6	20
		F	13	160,9	48,3	20
Godo <i>et al.</i>	1996		14	164,9	54,4	22
		M	15	173,2	61,1	15,6
		M	14-16	171,5	64,6	17
Fernandes	1999	F	13-15	158,2	49,6	24
			13	173,8	52,1	15
		M	14	167,5	57,2	-
Pires <i>et al.</i>	2000		15	171,1	61,5	15
			12	155,4	47,4	17
		F	13	157,9	48,3	18,1
Bencke <i>et al.</i>	2002		14	162,3	52,8	19,2
		M (E)	9-13	153	41,7	-
		M (NE)	10-13	150	40	-
Rama & Alves	2004	F (E)	11-14	154,5	44,8	-
		F (NE)	10-12	144,9	33,9	-
		M	15	171,5	61,9	-
Schneider & Meyer	2005	F	14	162,3	52,8	-
		M	8-10	144	38,1	21
			12-15	168	56,0	13,6
Rama <i>et al.</i>	2006	F	9-11	148	37,8	20,7
			11-14	158	46,6	18,7
		M	13-14	166,9	55,5	-
Wells <i>et al.</i>	2006		15-16	172,3	62,1	-
		F	12-13	157,7	45,7	-
			14	161,9	52,6	-
Santos <i>et al.</i>	2007		13	168,2	58,1	13,7
		M	14	174,2	63,9	13,2
			15	176,9	65,8	12,2
Ribeiro	2007		12	163,3	53,2	21,1
		F	13	164,6	54,9	18,8
			14	168,4	58,6	20
Erlandson <i>et al.</i>	2008		8-10	140,2	35,8	23,8
		F	12-14	157,2	50,5	25,3
			136,5	34,2	16,3	
Sperlich <i>et al.</i>	2010	M	8-10	136,5	34,2	16,3
			13-14	165,5	55,3	10,5
		F	7-10	131,3	28,2	16,3
Bruno <i>et al.</i>	2011		12-14	160	47,5	14,3
			14	163	-	-
		F	13	157	-	-
McNarry <i>et al.</i>	2011a		12	152	-	-
		M e F	9-12	156,5	45,2	25,5
		M	11-12	149,5	41,9	-
McNarry <i>et al.</i>	2011a		13-15	166	56,9	29
		F	10-12	148	43,1	26,7

Nota: MG – massa gorda; cm – centímetros; kg – quilogramas; % – percentagem; M – masculino; F – feminino; E – elite; NE – não elite.

2.3.3. Avaliação da maturação biológica

Para a compreensão da treinabilidade (Matos & Winsley, 2007; Balyi *et al.*, 2013) e dos efeitos do treino em crianças e adolescentes é fundamental o controlo da maturação biológica (Beunen & Malina, 2008), porque, tal como já foi referido, a idade cronológica difere da idade biológica e as alterações podem não ser resultado do treino, mas sim, das diferenças no estágio de desenvolvimento maturacional.

Na literatura existem vários métodos de avaliação da maturação biológica (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008; Claessens *et al.*, 2008; Malina & Beunen, 2008; Malina, 2011), nomeadamente:

- Idade esquelética – requer o uso de radiografia, geralmente ao pulso ou à mão, e traduz a quantidade de tecido cartilágneo/ósseo. É um procedimento fiável, mas expõe as crianças à radiação e é algo dispendioso;
- Idade no pico de velocidade de crescimento em altura – a curva de crescimento em altura pode ser usada para avaliar a maturação. É atribuída uma idade morfológica com base na altura. A principal desvantagem deste método é o facto de não considerar a variabilidade de altura. Assim, reconhece-se que só a utilização da altura para a idade não avalia com precisão a maturidade biológica;
- Estado de menarca – a idade de menarca (a primeira menstruação) representa o marco do desenvolvimento na adolescência feminina, embora, seja vista como um indicador de maturidade utilizado nos estudos femininos, o seu uso é limitado, pois, por vezes, a menarca ocorre após o pico de velocidade de crescimento em altura. Torna-se também uma desvantagem abordá-la nos estudos de comparação, visto que no sexo masculino não existe um acontecimento compatível;
- Indicadores hormonais – o desenvolvimento sexual secundário e desenvolvimento somático refletem, em grande medida, as manifestações externas de maturidade. Com as concentrações hormonais pode-se aferir o estado de maturação, contudo, é um método invasivo e algo dispendioso;

- Características sexuais secundárias – o uso deste método manifesta a maturação sexual num determinado tempo. Este método será descrito em maior pormenor seguidamente, devido à sua utilização neste estudo.

Estes métodos estão bem documentados na literatura, relacionados com o crescimento (Malina *et al.*, 2004), sendo necessário salientar que a maturação varia de acordo com o sistema biológico usado, sugerindo diferenças no *timing* e *tempo* da maturação sexual e somática (Sherar, Baxter-Jones, & Mirwald, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007).

2.3.3.1. Características sexuais secundárias

A determinação do estado de maturação sexual é usualmente avaliada de acordo com os estádios de desenvolvimento das características sexuais secundárias descritos por Tanner (1962), relativamente ao desenvolvimento da mama nas raparigas, genitália nos rapazes e pilosidade púbica em ambos os sexos, estando divididos em 5 estádios. Frequentemente encontra-se a descrição dos estádios juntamente com fotografias, ilustrações esquemáticas e critérios descritivos disponíveis em alguns textos específicos do crescimento e maturação (Malina *et al.*, 2004). O estágio 1 indica o desenvolvimento pré-pubertário, ou seja, a ausência de características; o estágio 2 indica o início do desenvolvimento de cada característica; o nível 3 e 4 indicam a continuidade da maturação; e o estágio 5 indica o atingir do estado adulto ou maturo de cada característica (Tanner, 1962; Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008; Claessens *et al.*, 2008; Malina & Beunen, 2008).

A observação direta dos estádios de desenvolvimento é um procedimento fiável e ajustado para o meio clínico, no entanto, no contexto desportivo e realizada por elementos da equipa de investigação, possui constrangimentos éticos, por invadir a privacidade da criança ou adolescente (Baxter-Jones & Sherar, 2007; Malina & Beunen, 2008). Em alternativa a estes constrangimentos, na literatura têm-se utilizado a autoavaliação (Saito, 1984; Guimarães & Passos, 1997; Baxter-Jones *et al.*, 2005), onde se pede à criança e adolescente para se autoavaliar relativamente aos estádios

anteriormente descritos, devendo ser realizado individualmente e com a explicação dos objetivos da avaliação (Malina & Beunen, 2008). Em crianças mais novas pode-se recorrer aos pais para a realização dessa avaliação (Sperlich *et al.*, 2010). As correlações entre a observação direta e a autoavaliação são moderadas a elevadas, salientando as preocupações quanto a sobrestimação dos estádios iniciais de desenvolvimento e a subestimação dos estádios finais, bem como a transição entre cada estágio (Baxter-Jones & Sherar, 2007; Malina & Beunen, 2008).

No controlo dos efeitos da maturação biológica entre os sexos, os rapazes e raparigas são mais frequentemente avaliados no desenvolvimento da pilosidade púbica, por ser a única característica semelhante em ambos os sexos, no entanto, deve-se ter cuidado na interpretação dos indivíduos classificados nos estágios iniciais (Baxter-Jones & Sherar, 2007). Por outro lado, como os rapazes e as raparigas diferem no *timing* e *tempo* de maturação sexual, as interpretações da performance devem ser cuidadosas quando se comparam os sexos através da avaliação das características sexuais secundárias (Sherar *et al.*, 2004).

2.4. Fisiologia do exercício em crianças e adolescentes

2.4.1. Metabolismos energéticos

O conhecimento dos processos metabólicos nos músculos esqueléticos das crianças ainda não está suficientemente estudado, sendo que para rever a atividade metabólica durante o exercício, os dados são maioritariamente provenientes de estudos em adultos (Bar-Or & Rowland, 2004; Rowland, 2005; Armstrong & Welsman, 2007).

O processo complexo que fornece energia ao corpo humano, o metabolismo (Maglischo, 2003; Kenney *et al.*, 2012), é composto por um conjunto de modificações químicas, anabólicas e catabólicas (Seeley, Tate, & Stephens, 2008). A energia produzida durante o catabolismo, na degradação dos glícidos, lípidos e proteínas, sob a forma de adenosina trifosfato (ATP), é utilizada para suprir as reações anabólicas e outros processos do metabolismo celular, incluindo a contração muscular (Seeley *et al.*, 2008; Kenney *et al.*, 2012).

A capacidade para a realização de trabalho mecânico em exercício, é determinada pela capacidade que as células musculares têm de fornecer energia para a contração muscular, através da hidrólise do ATP ($\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i + \text{H}^+ + \text{energia}$), pela ação da enzima ATPase. A quantidade de ATP armazenada na fibra muscular é relativamente baixa, suficiente apenas para manter a contração muscular durante cerca de 2 segundos, contudo, em exercício intenso o consumo de ATP pode ser entre 500 a 700 vezes superior (Silva & Correia, 2010). No entanto, a partir da hidrólise de ATP, apenas cerca de 25% é efetivamente utilizada pelas proteínas contrácteis, sendo o restante libertado sobre a forma de calor (Rowland, 2005).

A atividade muscular caracteriza-se por grande variação na intensidade e duração das contrações, podendo os músculos contrair-se durante poucos segundos e de forma intensa, como mantendo uma atividade rítmica por períodos de tempo prolongados (Silva & Correia, 2010). O metabolismo muscular mostra-se bem adaptado a esta variação de atividade, possuindo três vias de ressíntese de ATP, caracterizadas por diferenças na velocidade de resposta, potência e capacidade de síntese do ATP (Silva & Correia, 2010), distinguindo-se duas fontes anaeróbias (via da creatina fosfato ou fonte anaeróbia aláctica e via da glicólise ou fonte anaeróbia láctica) e a fonte aeróbia (via oxidativa), consoante dependam ou não do consumo de oxigénio (VO_2) (Maglischo, 2003; Stager & Coyle, 2005; Seeley *et al.*, 2008; Kenney *et al.*, 2012). O local da célula onde ocorrem os metabolismos energéticos é diferente, sendo que as fontes anaeróbias ocorrem no citoplasma da célula, enquanto a fonte aeróbia ocorre no interior das mitocôndrias (Stager & Coyle, 2005; Silva & Correia, 2010; Kenney *et al.*, 2012).

2.4.1.1. Via da fosfocreatina

A via metabólica de ressíntese imediata de ATP depende do catabolismo da fosfocreatina (PCr), molécula de creatina que transporta uma ligação de fosfato de alta energia e que se encontra armazenada no músculo esquelético (Kenney *et al.*, 2012). Esta via depende das quantidades de ATP e da PCr intracelulares disponíveis no interior da célula muscular (Stager & Coyle, 2005).

A síntese imediata de ATP depende da degradação da PCr, reação mediada pela enzima creatinaquinase ($\text{PCr} \leftrightarrow \text{P}_i + \text{Cr} + \text{energia}$), e da transferência do fosfato inorgânico (P_i) desta molécula para a molécula de ADP ($\text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow \text{ATP}$) (Stager & Coyle, 2005; Seeley *et al.*, 2008; Silva & Correia, 2010; Kenney *et al.*, 2012). A concentração de PCr na célula muscular é cerca de 4 a 6 vezes superior à de ATP, mas, a ressíntese de ATP a partir da PCr ocorre quase instantaneamente ao início do exercício e esgota-se rapidamente durante contrações intensas (Armstrong & Welsman, 2007; Silva & Correia, 2010). As reservas de ATP e de PCr conseguem suportar a energia necessária aos músculos por apenas aproximadamente 8 a 10 segundos durante exercícios muito intensos (Stager & Coyle, 2005; Seeley *et al.*, 2008; Kenney *et al.*, 2012).

Segundo Armstrong & Welsman (2007), a via da PCr para a ressíntese de ATP atinge o seu pico dentro de 2 segundos, sendo que nos últimos 10 segundos do WAnT a sua contribuição relativa para a ressíntese de ATP é de apenas cerca de 2% do que nos primeiros 2 segundos de exercício.

Alguns autores indicam que as reservas musculares de ATP são semelhantes entre crianças e adultos (Eriksson, 1980; Bar-Or, & Rowland, 2004; Rowland, 2005), e parecem ser independentes da idade, tamanho corporal, nível maturacional ou capacidade para o metabolismo aeróbio ou anaeróbio (Rowland, 2005). Quanto às reservas de PCr, os estudos existentes afirmam que são inferiores nas crianças comparativamente com os adultos (Eriksson, 1980; Bar-Or, & Rowland, 2004; Rowland, 2005).

Durante o exercício as concentrações de ATP permanecem quase inalteradas em exercício submáximo, no entanto, uma ligeira diminuição é observada após exercício máximo, enquanto as concentrações de PCr diminuem gradualmente com o aumento da intensidade do exercício (Armstrong & Welsman, 2007; Kenney *et al.*, 2012).

Com recurso à biopsia muscular, Eriksson, Gollnick, & Saltin (1973) encontraram um aumento das reservas de ATP e PCr com o treino, porém, os padrões de exaustão destes dois fosfatos não foram alterados com o treino. Todavia, este estudo não utilizou um grupo de controlo de forma a perceber se essas alterações ocorreram devido ao treino (Tolfrey, 2007).

A taxa de utilização de ATP e PCr durante o exercício parece ser semelhante entre crianças e adultos (Bar-Or & Rowland, 2004). Não obstante, existem outros fatores limitantes quanto ao uso desta via energética em crianças, que serão abordados posteriormente, quando forem referidos os fatores determinantes da aptidão anaeróbia em crianças e adolescentes.

2.4.1.2. Via da glicogenólise e glicólise

Em exercícios de alta intensidade além de alguns segundos, o fornecimento de ATP é mantido maioritariamente através de outras vias energéticas, pelo menos no curto prazo, pela glicogenólise e glicólise (Armstrong & Welsman, 2007).

Esta via energética é essencial para a ressíntese de ATP em esforços de elevada intensidade e de curta duração, prolongados até cerca de 3 minutos (Rowland, 2005; Stager & Coyle, 2005; Seeley *et al.*, 2008; Silva & Correia, 2010; Kenney *et al.*, 2012).

Os hidratos de carbono encontram-se armazenados nos músculos e fígado sob a forma de glicogénio (Armstrong & Welsman, 2007). Uma vez que existem em pequena quantidade as reservas de glicose no interior das fibras musculares, é necessário o processo catabólico do glicogénio armazenado que permite disponibilizar a glicose como fonte energética, designado de glicogenólise (Kenney *et al.*, 2012).

A ressíntese de ATP através da glicólise consiste no conjunto de reações químicas, mediadas pelas atividades enzimáticas, que permitem converter a glicose em ATP e ácido pirúvico (Rowland, 2005; Kenney *et al.*, 2012). A partir de uma molécula de glicose são produzidas 2 moléculas de ATP, enquanto a partir de uma molécula de glicogénio são produzidas 3 moléculas de ATP (Seeley *et al.*, 2008; Kenney *et al.*, 2012).

O sistema glicolítico responde muito rápido ao exercício, sendo o seu pico de produção de ATP atingido por volta dos 5 segundos, tornando-se esta via energética a predominante após aproximadamente 10 segundos do início de exercício máximo (Armstrong & Welsman, 2007).

Apesar de não produzir quantidades muito elevadas de ATP, a glicólise e o sistema ATP-PCr permitem gerar força mesmo quando o oxigénio (O₂) é limitado,

sendo uma via alternativa encontrada pela célula em circunstâncias mais adversas no que se refere ao fornecimento de O₂ (Seeley *et al.*, 2008; Silva & Correia, 2010; Kenney *et al.*, 2012).

Em condições de insuficiência de O₂, devido ao aporte de O₂ ser inferior às demandas, ou quando a taxa de glicólise é superior à capacidade dos sistemas energéticos oxidativos (entendida como a incapacidade das mitocôndrias em manterem uma taxa metabólica equilibrada), o ácido pirúvico é reduzido a ácido láctico (Silva & Correia, 2010).

Em esforços máximos até à exaustão com duração de 1 a 2 minutos, as demandas da glicólise anaeróbia são elevadas, bem como a consequente acumulação de ácido láctico, o que provoca o aumento da acidose das fibras musculares devido ao aumento da acumulação do ião hidrogénio (H⁺) e inibindo, entre outros processos celulares, a glicólise (Silva & Correia, 2010; Kenney *et al.*, 2012).

As concentrações de glicogénio muscular em repouso são inferiores nas crianças comparativamente com os adultos (Eriksson *et al.*, 1973; Eriksson, 1980), porém, a principal diferença associada com a idade é na sua taxa de utilização durante o exercício que é bastante inferior nas crianças (Bar-Or & Rowland, 2004). O conhecimento existente parece indicar que após o treino é possível aumentar as reservas de glicogénio nos músculos exercitados, mesmo em crianças pré-púberes (Armstrong & Welsman, 2007).

Os metabolismos anaeróbios (aláctico e láctico) não são adequados ao fornecimento de energia necessária para esforços prolongados no tempo, sendo nessas condições utilizada predominantemente a via oxidativa.

2.4.1.3. Via oxidativa

A via oxidativa é particularmente necessária para a síntese de ATP em esforços com duração superior a um minuto (Stager & Coyle, 2005; Armstrong & Welsman, 2008; Kenney *et al.*, 2012) e para a recuperação após esforços máximos (Silva & Correia, 2010), contudo, também contribui para a síntese de ATP durante a realização de esforços intensos e de curta duração.

Os processos oxidativos são mais eficientes, permitindo a síntese de quantidades muito superiores de ATP, cerca de 38 moléculas de ATP, por cada molécula de glicose consumida (Seeley *et al.*, 2008; Silva & Correia, 2010). Assim, na presença de O₂, processo metabólico realizado dentro das mitocôndrias, o ácido pirúvico é convertido em acetilcoenzima A, que através do ciclo de Krebs e da fosforilação oxidativa permite a oxidação completa da glicose, sendo convertida em água e dióxido de carbono (CO₂) (Kenney *et al.*, 2012).

A taxa a que o ATP pode ser ressintetizado durante o exercício através da via oxidativa é muito menor do que a ressíntese do ATP a partir das vias anaeróbias, no entanto, não depende apenas da glicose, podendo utilizar outros substratos energéticos como os lípidos e aminoácidos (Armstrong & Welsman, 2008; Seeley *et al.*, 2008; Silva & Correia, 2010; Kenney *et al.*, 2012). Os lípidos são uma fonte de elevado potencial energético através da β -oxidação, porém, a sua utilização em exercício intenso é inibida, sendo predominante a utilização do glicogénio e da glicose (Silva & Correia, 2010).

A utilização de substratos durante o exercício depende de diversos fatores, incluindo a intensidade e duração do exercício, dieta e nível de condição física do sujeito, sendo o glicogénio muscular o principal substrato energético durante os primeiros estágios de exercício submáximo, mas, com o prolongar do exercício os lípidos tornam-se a principal fonte de energia para a intensidade abaixo do limiar de lactato (Armstrong & Welsman, 2008).

Durante o exercício, as crianças possuem uma maior utilização dos lípidos e menor utilização dos glícidos comparativamente com os adultos (Boisseau & Delamarche, 2000; Timmons, Bar-Or, & Riddell, 2003), o que pode ser devido ao menor desenvolvimento da via da glicogenólise e glicólise (Timmons *et al.*, 2003), isto é, da fonte anaeróbia láctica.

Na revisão de diversos estudos onde foi analisada a atividade enzimática durante o exercício, Armstrong & Welsman (2007) referem existirem evidências de que as crianças pré-púberes possuem uma capacidade de oxidação do ácido pirúvico e dos ácidos gordos a uma taxa superior aos adolescentes e adultos.

2.4.2. Função cardiovascular

O sistema cardiovascular suporta todos os outros sistemas fisiológicos e possui inúmeras funções no corpo, incluindo o fornecimento de O₂ e outros nutrientes, a remoção de CO₂ e outros resíduos metabólicos, transporte de hormonas e outras moléculas, mecanismo de termorregulação, manutenção do equilíbrio ácido-base e regulação do sistema imunitário, entre outros (Seeley *et al.*, 2008; Kenney *et al.*, 2012).

No que concerne ao exercício, este sistema tem um papel importante no aporte de O₂, glicose e outros substratos necessários nos músculos durante o exercício, bem como a remoção de substâncias que provocam fadiga se permanecerem nos músculos, nomeadamente o CO₂, ácido láctico e iões H⁺ (Maglischo, 2003).

Nesse sentido, a eficiência funcional do sistema cardiovascular permite a realização de exercício físico com utilização da via oxidativa e permite a remoção de subprodutos que podem limitar a capacidade de um indivíduo para continuar o exercício (Winsley, 2007).

Uma vez que o objetivo primordial do sistema cardiovascular consiste em assegurar o fluxo de sangue adequado em toda a circulação para atender às necessidades metabólicas dos tecidos (Kenney *et al.*, 2012), tal como nos adultos, o débito cardíaco das crianças é o produto da frequência cardíaca e do volume sistólico, e aumenta com o aumento do tamanho corporal (Winsley, 2007). A frequência cardíaca compreende o número de vezes que o coração contrai em cada minuto e o volume sistólico denomina-se pela quantidade de sangue expulso dos ventrículos do coração em cada sístole (Maglischo, 2003).

O débito cardíaco em repouso situa-se entre 5 e 6 L·min⁻¹ nos adultos (Maglischo, 2003), enquanto nas crianças varia entre 3 e 4 L·min⁻¹, devido ao menor tamanho corporal (Winsley, 2007). De acordo com Rowland (2005), a diminuição progressiva do débito cardíaco em repouso, em relação à massa corporal durante o crescimento das crianças, deve refletir as mudanças na frequência cardíaca, no volume sistólico, ou em ambos.

Durante o exercício, o pico de débito cardíaco (PQ – *peak cardiac output*), ou seja, o valor máximo desta variável, em crianças saudáveis atinge 3 a 4 vezes mais o valor de repouso, devido predominantemente ao aumento da frequência cardíaca, e

cerca de 20 a 25% devido ao volume sistólico (Bar-Or & Rowland, 2004). Miyamura & Honda (1973) encontraram valores de 12,5 e 21,1 L·min⁻¹ entre os 10 e os 20 anos de idade no sexo masculino e de 10,5 e 15,5 L·min⁻¹ no sexo feminino, considerando a mesma faixa etária.

Quando o PQ é expresso independente do tamanho corporal, não parecem existir diferenças entre as crianças e os adultos, onde os valores se situam entre os 12,9 e 13,6 L·min⁻¹·m⁻², respetivamente (Vinet, Nottin, Lecoq, & Obert, 2002). Rowland, Goff, Martel, & Ferrone (2000), reportaram valores significativamente superiores em rapazes de 12 anos (12,3 L·min⁻¹·m⁻²), comparativamente com as raparigas (10,9 L·min⁻¹·m⁻²). Os valores para os rapazes devem situar-se entre os 10 e 12 L·min⁻¹·m⁻², enquanto nas raparigas entre os 8 e 10 L·min⁻¹·m⁻² (Winsley, 2007).

Quanto à frequência cardíaca em repouso, durante o crescimento, diminui 10 a 20 bts·min⁻¹ entre os 5 e os 15 anos (Rowland, 2005). Este declive representa uma frequência cardíaca basal cerca de 80 bts·min⁻¹ aos 5 anos e de 62 bts·min⁻¹ aos 15 anos (Winsley, 2007). Após os 10 anos de idade, nas raparigas a frequência cardíaca é 3 a 5 batimentos cardíacos superior relativamente aos rapazes (Rowland, 2005), podendo ser um mecanismo compensatório face ao menor volume sistólico verificado no sexo feminino (Winsley, 2007).

Por conseguinte, a frequência cardíaca aumenta com o aumento da intensidade do exercício (Rowland, 2005; Winsley, 2007), sendo o valor máximo atingido durante um teste até à exaustão geralmente denominado de pico de frequência cardíaca (PHR – *peak heart rate*). Esta variável máxima mantém-se estável ao longo do crescimento em ambos os sexos (Bar-Or & Rowland, 2004; Rowland, 2005; Stager, 2005; Winsley, 2007; Armstrong *et al.*, 2011), quase inalterável durante a infância e começando a diminuir no final da adolescência (Bar-Or & Rowland, 2004). O PHR possui uma variação inter-individual de aproximadamente 5-12 bts·min⁻¹, o que pode ficar a dever-se a uma componente genética (Winsley, 2007). Num exercício a uma intensidade constante, a frequência cardíaca diminuiu com o crescimento, refletindo o crescimento do tamanho do coração e do volume sistólico (Rowland, 2005).

O volume sistólico em repouso, em termos absolutos, é maior nos adultos do que nas crianças, verificando-se uma relação direta e forte entre a idade e o volume sistólico, com valores de aproximadamente 25 mL e 85 mL entre os 5 anos e os 15 anos,

respetivamente (Winsley, 2007). O aumento do volume sistólico durante a infância parece estar relacionado com o aumento do tamanho do ventrículo esquerdo, que aumenta em paralelo com o aumento no tamanho do corporal (De Simone *et al.*, 1998). Todavia, não existem dados que sugiram uma melhor função cardiovascular por efeito do treino (Rowland, 2008, 2009; Rowland *et al.*, 2009a, 2009b). Contudo, os valores relativos são semelhantes em repouso entre crianças e adultos (Winsley, 2007).

Com o aumento gradual da intensidade do exercício na posição vertical, verifica-se um aumento inicial do volume sistólico, que atinge o seu pico (PSV – *peak stroke volume*) em intensidades moderadas, cerca de 40-50% do PVO_2 , e permanece relativamente constante (*plateau*) em intensidades mais elevadas até ao término do teste, sendo que após o PSV verifica-se um aumento da frequência cardíaca de forma a aumentar o PQ (Bar-Or & Rowland, 2004; Winsley, 2007).

O PSV absoluto aumenta com a idade, aproximadamente de 59,2 mL e 67,9 mL entre os 6 e os 13 anos de idade, sendo inferior nas crianças comparativamente com os adultos (Winsley, 2007), mas é superior nos rapazes relativamente às raparigas (Rowland *et al.*, 2000; Vinet *et al.*, 2003).

Porém, tendo em conta o tamanho do corpo, os valores nos adultos e crianças são semelhantes. Por outro lado, as diferenças entre os sexos persistem mesmo quando o PSV é expresso relativamente ao tamanho do corpo, com valores cerca de 10-20% superior no sexo masculino ($50\text{-}65 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$), em comparação com o sexo feminino ($45\text{-}55 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$) (Winsley, 2007).

2.4.3. Função pulmonar

Os aparelhos respiratório e cardiovascular combinam-se para proporcionar o fornecimento de O_2 e remoção do CO_2 de todos os tecidos do corpo. Este transporte envolve 4 processos diferentes (Seeley *et al.*, 2008; Espanha, Correia, Pascoal, Silva, & Oliveira, 2012; Kenney *et al.*, 2012): a ventilação pulmonar, que é o movimento do ar para dentro e fora dos pulmões; a difusão pulmonar, que corresponde às trocas de O_2 e CO_2 entre os pulmões e o sangue (respiração externa); o transporte de O_2 e de CO_2 no

sangue; e a difusão capilar, que consiste nas trocas de O_2 e CO_2 entre os capilares e os tecidos metabolicamente ativos (respiração interna).

O controlo da ventilação pulmonar é assegurado pelo centro respiratório que integra um conjunto de neurónios localizados de forma difusa no tronco cerebral, nomeadamente na região do bulbo raquidiano e da protuberância anelar, assim como nos motoneurónios medulares responsáveis pela ativação dos músculos respiratórios. O sistema de controlo automático é responsável pela regulação da ventilação de forma a ajustar o volume das trocas gasosas às necessidades metabólicas do organismo. Para essa regulação o tronco cerebral recebe informações relativas à composição do sangue arterial, no que diz respeito à pressão de O_2 e de CO_2 e à concentração de iões H^+ . Estas aferências têm origem em quimiorrecetores centrais e periféricos, sendo a ventilação permanentemente ajustada de forma a manter as concentrações de O_2 , CO_2 e H^+ no sangue. No entanto, é possível o controlo voluntário da ventilação pulmonar, com base em estímulos provenientes do córtex cerebral que se dirigem para os motoneurónios medulares e são responsáveis pela ativação dos músculos respiratórios (Espanha *et al.*, 2012; Kenney *et al.*, 2012).

A função principal do sistema respiratório é a de proporcionar um ambiente ideal para a troca eficiente de O_2 e de CO_2 entre o ar ambiente e o sangue, limitando o gasto metabólico do trabalho respiratório e mantendo o equilíbrio ácido-base, mesmo sob condições extremas de exercício (Fawkner, 2007).

Durante o crescimento, verifica-se o aumento do tamanho dos pulmões e do tórax, tal como dos volumes pulmonares estáticos e dinâmicos, contudo, o sistema respiratório não é considerado limitativo para o exercício nas crianças saudáveis em todas as idades (Bar-Or & Rowland, 2004; Rowland, 2005; Fawkner, 2007).

O volume de ar nos pulmões pode ser medido com recurso à espirometria, que consiste em medir os volumes de ar inspirado e expirado e consequentemente as alterações dos volumes pulmonares (Kenney *et al.*, 2012).

A ventilação (V_E) compreende o processo através do qual o ar se movimenta para dentro e fora dos pulmões, cuja entrada de ar na árvore respiratória e a sua progressão até aos alvéolos requer a existência de um gradiente de pressão do ar no exterior (pressão atmosférica), superior à pressão do ar no interior (pressão intrapulmonar), e a sua saída requer um gradiente de pressão na direção oposta, estando

intimamente relacionados com a contração e descontração dos músculos inspiratórios (Seeley *et al.*, 2008; Espanha *et al.*, 2012; Kenney *et al.*, 2012). A V_E é influenciada pela resistência das vias aéreas à passagem do ar, sendo variável ao longo do ciclo respiratório, pela extensibilidade pulmonar, o que permite a inspiração, e por duas forças passivas que favorecem a expiração, nomeadamente a força de retração elástica do parênquima pulmonar e a força produzida pela tensão superficial alveolar (Espanha *et al.*, 2012). Estas propriedades mudam com o crescimento e possuem implicações importantes nos padrões respiratórios das crianças (Fawkner, 2007).

Nesse sentido, a V_E é definida como a quantidade de ar que entra e sai do aparelho respiratório por minuto, correspondendo ao produto do volume corrente e da frequência respiratória (Bar-Or & Rowland, 2004; Seeley *et al.*, 2008).

Em termos absolutos, a V_E em repouso e em exercício aumenta com a idade (Bar-Or & Rowland, 2004). O pico de V_E (PV_E – *peak ventilation*), o valor mais elevado de V_E num exercício até à exaustão, em termos relativos, parece semelhante em crianças, adolescentes e adultos (Mercier, Varray, Ramonatxo, Mercier, & Préfaut, 1991). No entanto, num estudo longitudinal foram observados valores semelhantes nos rapazes entre os 9 e os 14 anos, diminuindo nas raparigas com o aumento da idade (Rowland & Cunningham, 1997).

Num exercício incremental, a V_E aumenta proporcionalmente com o aumento da intensidade do exercício (Stager, 2005), até atingir o limiar ventilatório, aproximadamente de 60-70% do PVO_2 (Bar-Or & Rowland, 2004). Acima desse limiar, a V_E aumenta a uma taxa superior em relação ao aumento da absorção de O_2 , sendo que este aumento da V_E ocorre em resposta à acidose metabólica e ao aumento do CO_2 , como resultado da acumulação dos níveis de lactato e de iões H^+ (Bar-Or & Rowland, 2004).

Os valores de PV_E em criança pré-púberes do sexo masculino situam-se em cerca de 60 e 80 $L \cdot min^{-1}$ (Al-Hazzaa *et al.*, 1998; Williams *et al.*, 2000; Pitetti, Fernhall, & Figoni, 2002; Fernandes, 2006), enquanto nos adultos podem atingir os 150 e os 170 $L \cdot min^{-1}$ (Hoff, Wisloff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002; Di Paco *et al.*, 2014), contudo, a PV_E é dependente do protocolo e do ergómetro utilizado (Fawkner, 2007).

A frequência respiratória corresponde ao número de ciclos respiratórios por minuto (Seeley *et al.*, 2008). Durante a primeira infância, a frequência respiratória em

repouso varia entre os 25 e os 30 ciclos·min⁻¹, com decréscimo para cerca de 10 a 15 ciclos·min⁻¹ na fase adulta (Fawkner, 2007). Verifica-se uma diminuição progressiva da frequência respiratória ao longo do crescimento maturacional, relacionada com o aumento do tamanho corporal (Rowland, 2005). Durante o exercício, as crianças apresentam taquipneia fisiológica (aumento da frequência respiratória), podendo atingir valores de pico de frequência respiratória de 70 ciclos·min⁻¹ (PRF – *peak respiratory frequency*), superiores aos valores observados em adultos, de cerca de 55-60 ciclos·min⁻¹ (Rutenfranz *et al.*, 1981; Mercier *et al.*, 1991; Rowland & Cunningham, 1997; Fawkner, 2007). Não parecem existir diferenças entre os sexos na frequência respiratória (Rowland & Cunningham, 1997), mas as diferenças com a idade e maturação são mais evidentes na corrida do que no cicloergómetro (Rutenfranz *et al.*, 1981).

O volume corrente é a quantidade de ar que entra e sai dos pulmões em cada respiração (Bar-Or & Rowland, 2004; Kenney *et al.*, 2012), sendo que o seu aumento é proporcional ao aumento da massa corporal (Mercier *et al.*, 1991; Rowland & Cunningham, 1997). Fawkner (2007) refere que o pico de volume corrente (PTV – *peak tidal volume*), em termos absolutos, aumenta com a idade, todavia, permanece estável durante as idades pediátricas quando normalizado para a massa corporal.

As crianças respondem ao exercício com taquipneia e respiração superficial, comparativamente com os adultos (Bar-Or & Rowland, 2004), contudo, a difusão pulmonar, em vez da ventilação pulmonar, determina as trocas gasosas ao nível alveolar, sendo adequada para as trocas nas crianças devido a uma menor pressão arterial de CO₂ (Shepard & Bar-Or, 1970; Cooper *et al.*, 1987; Armon, Cooper, & Zanconato, 1991), e um pH superior em exercício máximo (Rowland, 2005). No entanto, não existem evidências que indiquem diferenças associadas com o aumento da idade na taxa de difusão pulmonar durante o exercício (Bar-Or & Rowland, 2004).

2.5. Aptidão aeróbia

A aptidão aeróbia pode ser definida como a habilidade de transportar o O₂ para os músculos e de utilizá-lo para gerar a energia que permita a contração muscular

durante o exercício (Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008; Armstrong, *et al.*, 2008, 2011; Armstrong, 2014).

Nos indicadores da aptidão aeróbia é possível distinguir a PA e a capacidade aeróbia. A primeira refere-se à máxima quantidade de energia química que pode ser transformada, através de processos oxidativos, nas mitocôndrias do músculo por unidade de tempo, enquanto a segunda corresponde à energia química total disponível para a realização de trabalho aeróbio, associada com a capacidade para manter a produção de trabalho em exercício submáximo (Malina *et al.*, 2004).

Os fatores determinantes da aptidão aeróbia são o aparelho cardiovascular e respiratório, bem como as componentes hematológicas do transporte de O₂ e dos mecanismos oxidativos dos músculos em exercício, como os substratos energéticos (Malina *et al.*, 2004; Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong *et al.*, 2008; Kenney *et al.*, 2012).

O consumo máximo de O₂ (VO_{2máx}), ou seja, a maior taxa de O₂ que pode ser consumido durante o exercício, é reconhecida como a melhor medida de PA em adultos (Bentley, Newell, & Bishop, 2007; Foster *et al.*, 2007; Hawkins, Raven, Snell, Stray-Gundersen, & Levine, 2007; Petot, Meilland, Le Moyec, Mille-Hamard, & Billat, 2012), limitando a taxa a que o O₂ pode ser utilizado durante o exercício aeróbio (Armstrong *et al.*, 2011). Num teste progressivo até à exaustão, o VO₂ aumenta com o aumento da intensidade do esforço, até um ponto em que não se verifica um aumento do VO₂ apesar do aumento da intensidade do exercício, verificando-se o *plateau*, o que indica a obtenção do VO_{2máx} (Hawkins *et al.*, 2007; Armstrong *et al.*, 2008).

Todavia, nem todas as crianças e adolescentes apresentam o fenómeno de *plateau*, tendo-se verificado que o *plateau* de VO₂ não constitui um pré-requisito para a determinação válida da aptidão aeróbia em jovens (Rowland, 1993; Armstrong, Welsman, & Winsley, 1996). Nesse sentido, o PVO₂, o valor mais elevado de VO₂ obtido durante um teste máximo, tem sido o melhor indicador de aptidão aeróbia, mais especificamente de PA em crianças e adolescentes (Dencker *et al.*, 2008; Helmantel, Elferink-Gemser, & Visscher, 2009; Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong *et al.*, 2008, 2011; Armstrong, 2013).

Para além do PVO₂, a acumulação de lactato (Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008; Beneke, Heck, Hebestreit, & Leithauser, 2009) e a

cinética de VO_2 (Armstrong & Barker, 2009; McNarry, Welsman, & Jones, 2011b), são outros indicadores da aptidão aeróbia, nomeadamente relacionados com a capacidade de manter o desempenho submáximo ou a capacidade para realizar rápidas mudanças de ritmo ou de intensidade (Armstrong, 2014).

O PVO_2 em crianças e adolescentes encontra-se suficientemente documentado (Armstrong & Fawcner, 2007; Welsman & Armstrong, 2007; Armstrong & Welsman, 2011; Armstrong *et al.*, 2008, 2011), sendo um elevado PVO_2 um pré-requisito da performance desportiva de elite em diversos desportos (Armstrong & Welsman, 2008; Armstrong *et al.*, 2011; Barker & Armstrong, 2011). Por outro lado, um baixo PVO_2 encontra-se associado com a prevalência de doenças (Kemper, Snel, Verschuur, & Storm-van Essen, 1990; Loftin, Sothorn, Warren, & Udall, 2004; Carvalho *et al.*, 2013; Wijnstok, Hoekstra, van Mechelen, Kemper, & Twisk, 2013).

A PA encontra-se relacionada com a idade, sexo, tamanho corporal e nível maturacional (Malina *et al.*, 2004).

Na interpretação de resultados de estudos transversais, diversos autores indicam um aumento do PVO_2 ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) com o aumento da idade (Armstrong & Welsman, 1994; Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong *et al.*, 2008, 2011; Armstrong, 2014). O PVO_2 aumenta de forma quase linear nos rapazes, aproximadamente 150% entre os 8 e os 16 anos, enquanto nas raparigas aumenta cerca de 80%, verificando-se tendencialmente um *plateau* por volta dos 14 anos (Armstrong & Welsman, 1994).

Resultados semelhantes emergem quando se analisam estudos longitudinais (Rutenfranz *et al.*, 1981; Armstrong, Welsman, Nevill, & Kirby, 1999; Welsman & Armstrong, 2000; Armstrong & Welsman, 2001), verificando-se um aumento do PVO_2 de aproximadamente 50% nas raparigas entre os 11 e os 17 anos, enquanto nos rapazes duplica no mesmo período (Armstrong *et al.*, 2008).

O PVO_2 encontra-se extremamente correlacionado com a massa corporal, sendo tipicamente referenciados coeficientes de correlação com a altura e com o peso acima de $r=0,70$ (Armstrong & Welsman, 1994, 2006; Welsman & Armstrong, 2000). Nesse sentido, o PVO_2 é geralmente expresso por unidade de massa corporal, isto é, em termos relativos ($\text{PVO}_{2\text{rel}}$, $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), sendo relevante no contexto desportivo em que o peso é suportado ou movido durante o exercício (Armstrong, 2013, 2014), todavia, os métodos inadequados de controlar o tamanho corporal têm obscurecido a compreensão

fisiológica do PVO_2 durante o crescimento e maturação (Welsman & Armstrong, 2007, 2008a, 2008b; Armstrong, 2013).

Na interpretação do $\text{PVO}_{2\text{rel}}$, com o aumento da idade, entre os 8 e os 18 anos, verifica-se uma estabilização nos rapazes por volta dos $48\text{-}50 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, enquanto nas raparigas observa-se um decréscimo a partir de $45 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ para os $35 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, aproximadamente, durante a adolescência (Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Armstrong *et al.*, 2008; Armstrong, 2013, 2014). Os rapazes apresentam valores superiores de $\text{PVO}_{2\text{rel}}$ comparativamente com as raparigas durante a infância e adolescência, amplificando-se essas diferenças devido ao aumento da MG nas raparigas durante a puberdade (Armstrong *et al.*, 2008).

O PVO_2 é aproximadamente 10% superior nos rapazes do que nas raparigas durante a infância (Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong *et al.*, 2008, 2011), talvez devido ao superior PSV (Armstrong, 2014). Durante a adolescência, com o aumento mais acentuado da massa muscular e da concentração de hemoglobina nos rapazes, aumentam as diferenças entre os sexos para aproximadamente 35-40% (Armstrong *et al.*, 2008; Armstrong, 2014).

A concentração de hemoglobina no sangue encontra-se correlacionada com o PVO_2 , em ambos os sexos (Armstrong, Williams, Balding, Gentle, & Kirby, 1991). Não existem diferenças significativas entre os sexos na concentração de hemoglobina na infância, contudo, durante a puberdade o efeito da testosterona sobre a produção de eritrócitos promove o aumento na concentração de hemoglobina nos rapazes que atingem valores de cerca de 10% superiores aos das raparigas até ao final da puberdade. É razoável esperar que a capacidade de transporte de O_2 seja superior nos rapazes e que possa aumentar as diferenças entre os sexos no PVO_2 . No entanto, o transporte e a dissociação do O_2 a partir da hemoglobina durante o exercício são processos complexos e as dissemelhanças entre os sexos na diferença máxima arteriovenosa de O_2 em jovens continua sem ser comprovada (Armstrong *et al.*, 2008, 2011).

Com recurso à modelação multinível, estudos longitudinais em jovens atletas (Baxter-Jones, Goldstein, & Helms, 1993) e não atletas (Armstrong *et al.*, 1999) demonstraram que para além da idade cronológica, o crescimento e a maturação influenciam positivamente e independentemente o PVO_2 . Para além disso, a maturação está associada com o aumento do PVO_2 acima do explicado pelo peso, composição

corporal e idade cronológica (Armstrong & Welsman, 2001; Beunen *et al.*, 2002). Assim, com a massa corporal devidamente controlada, utilizando a modelação multinível ou alometria, o PVO_2 nos rapazes aumenta ao longo da infância e adolescência até à idade jovem adulta, enquanto nas raparigas aumenta até à puberdade e, possivelmente, até à idade jovem adulta (Armstrong *et al.*, 2008, 2011). Estas alterações no PVO_2 são consistentes com os processos fisiológicos e com a melhoria no desempenho desportivo relacionado com o crescimento e maturação (McManus & Armstrong, 2011; Armstrong & McManus, 2011).

Para além das alterações associadas ao crescimento e maturação, o treino desportivo permite o aumento do PVO_2 , nomeadamente o envolvimento de crianças e adolescentes em programas de treino de pelo menos 12 semanas, com 3-4 sessões por semana, e 40 minutos por sessão, são esperadas melhorias, em média, de 8-9% no PVO_2 , independentemente do sexo, idade ou maturação (Baquet *et al.*, 2003; Armstrong & Barker, 2011; Armstrong *et al.*, 2011). De facto, 5 semanas de treino aeróbio (cerca de 12 quilómetros por semana) demonstraram um aumento do PVO_2 em nadadores pré-púberes (Sperlich *et al.*, 2010) e pós-púberes (Baquet *et al.*, 2002) em cerca de 8,5%.

O aumento e manutenção da PA e da capacidade aeróbia são um objetivo base do processo de treino em modalidades como a natação pura desportiva, onde o volume das cargas de treino deverá ser muito preciso para causar efeitos nas habilidades funcionais (Maglischo, 2003; Marinho *et al.*, 2009).

Estudos transversais têm relatado que os jovens atletas possuem um PVO_2 mais elevado dos que os seus pares não treinados (Armstrong & Barker, 2011; Armstrong *et al.*, 2011; Barker *et al.*, 2011; Armstrong, 2014), nomeadamente em jovens nadadores (Armstrong & Davies, 1981; Armstrong, Davies, & Heal, 1983; McNarry, Welsman, & Jones, 2011a). São regularmente observados valores de $\text{PVO}_{2\text{rel}}$ superiores a $50 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e superiores a $60 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, em raparigas e rapazes treinados (Armstrong & Barker, 2011), respetivamente, todavia, como os resultados derivam maioritariamente de estudos transversais, torna-se difícil interpretar se os valores são devido à seleção inicial para a modalidade, ao treino, ou a ambos os fatores (Armstrong *et al.*, 2011; Armstrong, 2014).

Não existem evidências de que o PHR ou a diferença máxima arteriovenosa de O_2 se alterem com o treino em jovens (Armstrong *et al.*, 2011), e o maior PVO_2 nos

jovens atletas parece estar relacionado com o aumento do PSV (Nottin *et al.*, 2002). As dificuldades em determinar o PSV em crianças e adolescentes durante o exercício revelam a necessidade de interpretar os dados com cautela (Warburton, Nettlefold, McGuire, & Bredin, 2008), porém, a literatura revela valores de PSV mais elevados em jovens atletas (Eriksson & Koch, 1973; Rowland, Unnithan, Fernhall, Baynard, & Lange, 2002; McNarry, Mackintosh, & Stoedefalke, 2014). Obert *et al.* (2003) mostraram um aumento do PSV nos rapazes (+15%) e raparigas (+11%) após 13 semanas de treino de resistência, sem alterações no grupo de controlo. Num outro estudo longitudinal, McNarry *et al.* (2014), encontraram um padrão diferente do PSV em crianças praticantes de natação em comparação com crianças não treinadas.

No entanto, são desconhecidos os mecanismos subjacentes às melhorias devidas ao treino no PSV (Armstrong, 2014), uma vez que foram verificadas alterações significativas nas dimensões do coração (Obert *et al.*, 2003), porém, outros estudos não confirmaram esses resultados (e.g., George, Gates, & Tolfrey, 2005). Contudo, a fração de encurtamento parece ser superior em jovens treinados durante o exercício máximo (Oyen, Schuster, & Brode, 1990), tendo sido sugerido que o PSV poderá aumentar através da bomba muscular periférica e/ou expansão do volume plasmático, aumentando o retorno venoso (Armstrong & Barker, 2011).

A Tabela 2 apresenta valores médios de PVO_2 e PVO_{2rel} em crianças e adolescentes, praticantes de natação e não praticantes de qualquer modalidade desportiva, determinados em laboratório através de teste máximos. Os dados devem ser interpretados com precaução, uma vez que derivam de diferentes protocolos e instrumentos, todavia, servem de referência para os participantes no presente estudo, considerando a mesma faixa etária.

Tabela 2: Valores médios de PVO_2 e PVO_{2rel} de estudos realizados em crianças e adolescentes.

Autores	Ano	Sexo	<i>n</i>	Amostra	Idade (anos)	Ergómetro	PVO_2 (L·min ⁻¹)	PVO_{2rel} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)
Armstrong & Davies	1981	M	30	Natação	12-19	Passadeira	3,7	66,5
Armstrong <i>et al.</i>	1983	M	8	Natação	14-16	Cicloergómetro	3,4	58,3
Falgairrette <i>et al.</i>	1993	M	13	NA	13-14	Cicloergómetro	2,9	55,3
			26	Natação		Cicloergómetro	-	50,7
			11	NA	11	Cicloergómetro	-	49,4
			12				1,3	45,4
McManus <i>et al.</i>	1997	F	11	NA	9-10	Passadeira	1,5	48,3
			7				1,5	44,9
Williams <i>et al.</i>	2000	M	39	NA	10	Passadeira	1,9	55,3
			118		11		1,8	-
		M	98		12		2,1	-
Welsman & Armstrong	2000		97	NA	13	Passadeira	2,4	-
			118		11		1,6	-
		F	105		12		1,9	-
			83		13		2,1	-
			71		11		1,8	-
		M	60		12		2,1	-
Armstrong & Welsman	2001		56	NA	13	Passadeira	2,4	-
			49		11		1,6	-
		F	42		12		1,9	-
			47		13		2,1	-
Fawcner & Armstrong	2004	M	25	NA	10-11	Cicloergómetro	1,7	47,4
		F	23				1,5	39,3
Bloxham <i>et al.</i>	2005	M	28	NA	11-12	Cicloergómetro	1,8	46,9
		F	28		11-12		1,7	40,7
Fernandes	2006	M	11	Natação	11-12	Passadeira	2,3	54,4
Andreacci <i>et al.</i>	2007	M/F	17	NA	9-11	Passadeira	1,7	40,6
Barker <i>et al.</i>	2008	M/F	12	NA	9-11	Cicloergómetro	1,8	-
Winsley <i>et al.</i>	2009	M	9	NA	10	Cicloergómetro	1,4	-
		F	9				1,2	-
Sperlich <i>et al.</i>	2010	M/F	13	Natação	9-12	Cicloergómetro	-	39,2
			13				-	40,7
			11	Natação	10-12		2,1	49,1
McNarry <i>et al.</i>	2011a	F	14		13-15	Cicloergómetro	2,5	46,0
			10	NA	11-13		1,7	40,1
			16		13-15		2,0	36,3
McGawley <i>et al.</i>	2012	F	8	NA	12	Cicloergómetro	2,0	49,4
Barker <i>et al.</i>	2012	M/F	9	NA	14-15	Cicloergómetro	2,7	48,3

Nota: M – masculino; F – feminino; *n* – número de elementos da amostra; NA – Não atletas; PVO_2 – pico de consumo de oxigénio; PVO_{2rel} – pico de consumo de oxigénio relativo.

2.5.1. Avaliação da aptidão aeróbia

A avaliação do PVO_2 em laboratório é possível através do uso da ergoespirometria, que consiste na análise direta do VO_2 com o recurso a um analisador de gases, durante a realização de um esforço máximo (Gore, Tanner, Fuller, & Stanef, 2013). Inicialmente estes equipamentos foram desenvolvidos para os adultos, mas torna-se fundamental a sua adaptação para o uso em crianças e adolescentes, como é o caso da escolha do tamanho das máscaras (Armstrong & Fawcner, 2007; Hebestreit & Beneke, 2008; Gore *et al.*, 2013).

É possível aplicar testes máximos em crianças e adolescentes, desde que sejam explicados os objetivos e a essência do teste, bem como a existência de um período de habituação aos equipamentos e protocolos (Malina *et al.*, 2004; Brown, Miller, & Eason, 2006; Heyward, 2006; Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008; Hebestreit & Beneke, 2008; Ehrman, 2009). Um aspeto crucial é que os protocolos e equipamentos devem ser escolhidos de acordo com as questões de pesquisa, e com os objetivos e as características dos sujeitos, uma vez que todos os ergómetros possuem vantagens e desvantagens, sendo geralmente utilizada a passadeira rolante ou o cicloergómetro (Rowland, 1993; Armstrong & Fawcner, 2007; Hebestreit & Beneke, 2008; Armstrong & Welsman, 2008). A passadeira rolante parece ser o instrumento mais apropriado para determinar o PVO_2 em crianças saudáveis (Armstrong & Welsman, 2008).

O PVO_2 é tipicamente 8-10% superior na passadeira rolante (Armstrong & Davies, 1981; Turley, Rogers, Harper, Kujawa, & Wilmore, 1995; Mamen, Resaland, Mo, & Anderson, 2009), uma vez que envolve maiores massas musculares do que no cicloergómetro (Armstrong & Welsman, 2008), e por conseguinte, é mais provável que seja limitado por fatores centrais do que periféricos (Shephard, 1984; Yoon, Kravitz, & Robergs, 2007). Contudo, na passadeira existe o risco de queda e o teste pode terminar prematuramente devido ao medo de cair quando se desenvolve com velocidades mais elevadas (Malina *et al.*, 2004), daí a necessidade de um período de habituação aos equipamentos e protocolos por parte das crianças e adolescentes.

Na passadeira rolante, diversos protocolos metodológicos tem sido adotados (Hebestreit & Beneke, 2008), no entanto, não parecem existir diferenças entre os

resultados de PVO_2 alcançados por diferentes tipos de protocolos (Fredriksen, Ingjer, Nystad, & Thaulow, 1998; Marinov, Kostianev, & Turnovska, 2003). Assim, utilizando o mesmo instrumento (e.g., a passadeira rolante), o PVO_2 é uma medida robusta e tem mostrado ser independente do protocolo utilizado (Armstrong & Welsman, 2008).

Para atingir um PVO_2 válido em passadeira rolante, a duração do teste deve situar-se entre os 5 e os 26 minutos (Midgley, Bentley, Luttikholt, McNaughton, & Millet, 2008), designadamente entre 6-12 minutos em crianças e adolescentes atletas e não atletas (Armstrong & Fawcner, 2007; Hebestreit & Beneke, 2008).

A reprodutibilidade entre o teste e o re-teste tem mostrado a existência de um baixo erro de variação do PVO_2 (Freedson & Goodman, 1993; Rivera-Brown & Frontera, 1998; Welsman, Bywater, Farr, Welford, & Armstrong, 2005; Van Laethem, De Sutter, Peersman, & Calders, 2009; Saunders, Telford, Pyne, Hahn, & Gore, 2009).

Diversos autores (Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008; Hebestreit & Beneke, 2008; Gore *et al.*, 2013), referem as seguintes diretrizes para a determinação do PVO_2 em crianças e adolescentes:

- atender à idade, maturação e capacidade de atenção dos participantes antes da escolha do protocolo;
- o teste deve ser realizado pelo menos 2 horas após a ingestão de alimentos;
- no mesmo dia do teste, não devem realizar exercício vigoroso antes do teste;
- uso de roupa e calçado adequado para a realização do teste;
- a explicação das regras de segurança, que devem ser transmitidas antes da realização do teste, certificando-se de que foi entendida a informação;
- período de habituação ou familiarização à passadeira rolante;
- durante a realização do teste devem ser indicadas as condições de realização, como por exemplo o aumento da velocidade ou inclinação;
- e realizar um aquecimento e retorno à calma.

Para além destas recomendações que devem anteceder a escolha dos protocolos e das condições de preparação dos participantes, é fundamental definir os critérios para a obtenção do esforço máximo e consequentemente a determinação do PVO_2 .

2.5.1.1. Garantia da obtenção do esforço máximo

Os critérios normalmente utilizados para a garantia da obtenção do PVO_2 envolvem a frequência cardíaca, o quociente respiratório, atingir o fenómeno de *plateau* de VO_2 ou a exaustão do participante (Malina *et al.*, 2004; Fawkner & Armstrong, 2007; Armstrong & Welsman, 2008; Armstrong *et al.*, 2008; Gore *et al.*, 2013).

A frequência cardíaca aumenta com o aumento da intensidade do exercício, até atingir o PHR, ou seja, o valor máximo de batimentos cardíacos, que tende a estabilizar nos estádios finais do exercício até à exaustão. A determinação prévia à realização do teste da frequência cardíaca máxima estimada pode ser efetuada a partir da seguinte fórmula: $208 - (\text{idade} \times 0,7)$ (Tanaka, Monahan, & Seals, 2001), de forma a prever o PHR que será obtida pelo participante.

Através de um teste progressivo até a exaustão, as crianças e adolescentes apresentam um PHR, que é independente da idade (Armstrong *et al.*, 1991), maturação (Armstrong *et al.*, 1991; Armstrong, Welsman, & Kirby, 1998; Armstrong & Welsman, 2001) e sexo (Armstrong, Balding, Gentle, Williams, & Kirby, 1990; Armstrong *et al.*, 1991; Vinet *et al.*, 2003). No entanto, é dependente do tipo de protocolo utilizado, sendo tendencialmente superior durante um teste em passadeira rolante, comparativamente com o teste realizado em cicloergómetro (Bloxham, Welsman, & Armstrong, 2005). Os valores de PHR geralmente obtidos na passadeira rolante são de aproximadamente 200 ± 7 batimentos por minuto (Armstrong & Fawkner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008; Armstrong *et al.*, 2008). Assim, um valor acima de 200 batimentos por minutos é considerado um indicador da obtenção de esforço máximo em crianças e adolescentes (Dencker *et al.*, 2008; Hebestreit & Beneke, 2008).

O quociente respiratório também aumenta com o aumento da intensidade do exercício, refletindo o aumento da libertação de CO_2 , em consequência de uma maior utilização dos glícidos, através do aumento do contributo do sistema anaeróbio (Kenney *et al.*, 2012), o que se verifica nos últimos instantes de um teste máximo. O valor máximo atingido durante um teste incremental até à exaustão identifica o pico de quociente respiratório (PRER – *peak respiratory exchange ratio*). Alguns autores (Armstrong & Fawkner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008), referem valores de PRER obtidos em passadeira rolante, em crianças e adolescentes, de $1,05 \pm 0,07$. Dessa forma,

um valor acima de 1 é considerado indicador da obtenção de esforço máximo em crianças e adolescentes (Hebestreit & Beneke, 2008), sendo também sugerido um valor acima de 1,10 em atletas de elite (Gore *et al.*, 2013).

Um critério mais importante é o facto de não se verificar um aumento superior a $2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ no VO_2 , apesar do aumento da intensidade do esforço, assumindo-se o fenómeno de *plateau* e a obtenção do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (Geithner *et al.*, 2004; Malina *et al.*, 2004; Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008; Armstrong *et al.*, 2008; Hebestreit & Beneke, 2008; Gore *et al.*, 2013). Porém, como foi referido anteriormente, o fenómeno de *plateau* de VO_2 não se verifica em todas as crianças e adolescentes (Rowland, 1993). Todavia, não parecem existir diferenças significativas nos valores entre crianças e adolescentes em que observa ou não o *plateau* (Rivera-Brown, Rivera, & Frontera, 1992; Rowland, 1993; Armstrong & Welsman, 1994; Armstrong *et al.*, 1996).

Por outro lado, o teste poderá terminar devido à exaustão voluntária do participante, ou seja, a incapacidade deste em continuar o esforço, apesar do forte encorajamento verbal por parte da equipa de investigação (Malina *et al.*, 2004; Armstrong & Fawcner, 2007; Hebestreit & Beneke, 2008).

Em suma, para a obtenção de um esforço máximo podem-se verificar um ou mais destes indicadores em simultâneo (Gore *et al.*, 2013), devendo estar sempre salvaguardadas as questões de segurança inerente à realização do teste.

2.6. Aptidão anaeróbia

A energia necessária para o exercício nem sempre pode ser adquirida, totalmente, através da via oxidativa, uma vez que esta necessita de um fornecimento adequado de O_2 nos músculos (Bar-Or & Rowland, 2004). Todavia, em crianças e adolescentes, a aptidão anaeróbia encontra-se menos documentada do que a aptidão aeróbia (Van Praagh, 2000, 2008; Malina *et al.*, 2004; Bar-Or & Rowland, 2004; Rowland, 2005; Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Kenney *et al.*, 2012).

Algumas das razões para um menor conhecimento da aptidão anaeróbia (Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008), incluem:

- não existir uma medida direta padrão para a aptidão anaeróbia, comparável ao PVO_2 para a aptidão aeróbia;
- a associação entre a aptidão aeróbia e a saúde parece mais evidente e aceite, enquanto as relações entre a aptidão anaeróbia e a saúde permanecem controversas; a importância da aptidão aeróbia para o desempenho desportivo é mais consensual e está mais documentada;
- medir a aptidão anaeróbia é mais complexo e difícil do que avaliar a aptidão aeróbia; o exercício anaeróbio máximo é mais extenuante do que o exercício no PVO_2 ;
- enquanto a aptidão aeróbia é mais abrangente da aptidão geral de uma pessoa, a aptidão anaeróbia é mais localizada no músculo ou grupo de músculos.

Por outro lado, os mesmos autores identificam alguns aspetos para a maior pertinência do estudo da aptidão anaeróbia, nomeadamente:

- muitos desportos exigem que os jovens realizem exercícios anaeróbios máximos, por vezes, intercalados com diferentes períodos de recuperação;
- o esforço breve de intensidade máxima tem maior relevância e semelhança com os padrões de atividade dos jovens;
- a motivação e atenção dos jovens podem ser melhor aproveitadas e garantidas durante testes mais curtos;
- o conhecimento da interação entre a aptidão anaeróbia e aeróbia, durante o crescimento e maturação, fornece uma imagem global do exercício de crianças e adolescentes.

Na literatura pediátrica, diversos termos são utilizados indiscriminadamente para descrever os aspetos da aptidão anaeróbia (Inbar *et al.*, 1996; Chia, 2000; Van Praagh, 2000, 2008; Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008), sendo fundamental que estejam definidos e sejam consensuais quanto ao que efetivamente medem.

O exercício anaeróbio máximo refere-se à realização de esforços de intensidade máxima e curta duração, onde a fonte de energia predominante, embora não necessariamente exclusiva, advém do metabolismo anaeróbio (Chia & Armstrong,

2007; Inbar & Chia, 2008). O exercício anaeróbio máximo pode ser suportado durante aproximadamente 1 minuto, sendo executado a uma intensidade superior aquela que se realiza num teste de PVO_2 , daí a designação de intensidade supramáxima (Bar-Or & Rowland, 2004). Não obstante o facto da participação das vias anaeróbias também se manifestar num esforço aeróbio realizado até à exaustão, assumindo predominância nos últimos instantes do teste.

A aptidão anaeróbia define-se como a capacidade para realizar exercícios anaeróbios máximos, sendo a potência anaeróbia (PAn) e a capacidade anaeróbia (CAN) considerados indicadores da aptidão anaeróbia (Inbar *et al.*, 1996; Chia, 2000; Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008). A PAn corresponde à máxima produção de ATP por segundo, pelo organismo, durante um exercício de máxima intensidade e de curta duração, enquanto a CAN refere-se à quantidade máxima de ATP ressintetizado através do metabolismo anaeróbio, pelo organismo, durante um exercício de curta duração e máxima intensidade (Green, 1994). A PAn encontra-se dependente das reservas intramusculares de ATP e PCr, estando a CAN dependente, para além da via ATP-PCr, da via da glicólise anaeróbia (Inbar *et al.*, 1996; Chia, 2000; Van Praagh, 2000, 2008; Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Kenney *et al.*, 2012).

Como já foi referido anteriormente, no Capítulo I, a determinação direta do metabolismo anaeróbio encontra-se limitado ao uso de técnicas invasivas, como a biopsia muscular (Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Chia & Armstrong, 2007; Van Praagh, 2008), e ao elevado custo e escasso equipamento disponível para a utilização da espectroscopia de ressonância magnética (Barker *et al.*, 2006, 2010), em crianças e adolescentes.

Nesse sentido, a literatura pediátrica refere a utilização de diversos testes de laboratório onde é possível determinar de forma indireta, a participação do metabolismo anaeróbio, através da avaliação e interpretação de *outputs* mecânicos (Van Praagh & Doré, 2002; Welsman & Armstrong, 2007; Van Praagh, 2008). Nessa interpretação, a PAn corresponde à capacidade para gerar o valor mais elevado de potência mecânica ao longo de alguns segundos (geralmente menos do que 5 segundos), enquanto a CAN corresponde à capacidade para manter a elevada potência mecânica ao longo de um

curto período de tempo (normalmente menos de 60 segundos) (Inbar *et al.*, 1996; Chia, 2000; Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008).

Utilizar a interpretação de *outputs* mecânicos para estimar ou para refletir a CAN é menos difícil do que a tentativa de quantificar a produção de ATP utilizando métodos diretos, no entanto, a interpretação das implicações fisiológicas são certamente mais complicadas, especialmente porque as estimativas de trabalho mecânico não refletem apenas o fornecimento de ATP pelo metabolismo anaeróbio, mas também a contribuição da fonte oxidativa, bem como os fatores envolvidos na transdução da energia química em energia mecânica (Van Praagh, 2008).

2.6.1. Avaliação da aptidão anaeróbia

Aparentemente, sem exceção, todos os testes de avaliação da aptidão anaeróbia foram desenvolvidos para os adultos e têm muitas vezes sido usados, indiscriminadamente, para testar os jovens. Contudo, ao longo dos últimos anos foi possível identificar metodologias não-invasivas, ajustadas às crianças e adolescentes, no entanto, conseguiu-se aprofundar o conhecimento da definição do que se pretende medir em cada teste de laboratório e de terreno (Chia, 2000).

Na literatura pediátrica é possível encontrar diversos testes laboratoriais para avaliar a aptidão anaeróbia (Inbar *et al.*, 1996; Chia, 2000; Malina *et al.*, 2004; Van Praagh, 2000, 2008; Chia & Armstrong, 2007), incluindo testes de sprints, testes em cicloergómetro, teste de escada e testes de saltos. Os resultados sobre a aptidão anaeróbia de jovens são derivados principalmente a partir dos resultados do teste de escada (Margaria, Aghemo, & Rovelli, 1966) e do WAnT (Inbar *et al.*, 1996). Porém, é possível encontrar alguns estudos com recurso ao teste de força-velocidade (FVT) (Santos, Welsman, De Ste Croix, & Armstrong, 2002; Santos, Armstrong, De Ste Croix, Sharpe, & Welsman, 2003), ao FVT com correção para a inércia (Doré, França, Bedu, & Van Praagh, 1997), uma combinação do FVT e WAnT (Van Praagh, Fellman, Bedu, Falgairette, & Coudert, 1990; Falgairette, Bedu, Fellmann, Van-Praagh, & Coudert, 1991), um teste de passadeira motorizado (Paterson, Cunningham, & Bumstead, 1986), um teste de passadeira não-motorizado (Falk *et al.*, 1996; Sutton, Childs, Bar-Or, &

Armstrong, 2000), um teste de cicloergómetro isocinético (Williams & Keen, 2001), e um teste de *Quebec* 10 s e performances máximas de extensão e flexão de joelho com duração de 10, 30 e 90 s (Calvert, Bar-Or, McGillis, & Swei, 1993).

Os testes em cicloergómetro constituem-se como os métodos mais utilizados para investigar as respostas metabólicas a esforços de intensidade e duração variáveis. Estes testes têm, tipicamente, a duração entre os 10 segundos de um FVT, onde se avalia a PAn, e os 30 segundos do WAnT tentando obter a CAn. Na literatura também são utilizadas durações de 60, 90 ou 120 segundos, contudo, quanto maior for a duração do teste, mais difícil é medir a CAn, uma vez que o contributo do metabolismo aeróbio se torna cada vez mais significativo (Inbar *et al.*, 1996).

2.6.1.1. Teste anaeróbio Wingate

O WAnT foi desenvolvido na década de 70, em Israel, pelo *Wingate Institute for Physical Education and Sport*, tendo por base um protocolo previamente sugerido por Cumming (1973). Atualmente é um dos testes de laboratório mais utilizados na literatura para avaliar a aptidão anaeróbia, comprovado pela ampla base de dados em crianças e adolescentes de ambos os sexos, sendo um teste simples, de fácil aplicação, não invasivo, de baixo custo e permitindo avaliar diversas populações (Inbar *et al.*, 1996), quer sejam atletas ou não atletas saudáveis, ou mesmo otimizado para participantes com doenças, em idades pediátricas (e.g., Obeid, Larché, & Timmons, 2011).

O WAnT consiste em pedalar num cicloergómetro a uma velocidade máxima, durante 30 segundos, contra uma resistência constante, que é determinada de acordo com a percentagem do peso do participante, geralmente 7,5% para o trem inferior e 5% para o trem superior, o que equivale a 0,74 e 0,49 N·kg⁻¹, respetivamente (Inbar *et al.*, 1996; Chia & Armstrong, 2007). A resistência constante foi predeterminada de forma a produzir potência mecânica supramáxima, equivalente a duas ou três vezes a potência metabólica obtida durante um teste de VO_{2máx}, para que esta induza um acentuado nível de fadiga após os primeiros segundos do teste (Inbar *et al.*, 1996; Van Praagh, 2008).

O WAnT fornece três indicadores de performance (Inbar *et al.*, 1996; Chia, 2000; Van Praagh, 2000, 2008; Malina *et al.*, 2004; Chia & Armstrong, 2007; Welsman & Armstrong, 2007), nomeadamente o *peak power* (PP – pico de potência mecânica), *mean power* (MP – média de potência mecânica) e *fatigue index* (FI – índice de fadiga):

- o PP é o valor mais elevado de potência mecânica produzido no teste, normalmente conseguido por volta dos 5 segundos, refletindo a capacidade do músculo para gerar a máxima potência num curto espaço de tempo;
- o MP é a média dos valores conseguidos no teste durante os 30 segundos, refletindo a capacidade que o indivíduo tem para manter a potência mecânica máxima ou o trabalho dos músculos em atividade;
- o FI reflete a perda de potência ao longo do teste, fornecendo o índice de fadiga que se acumula, ou seja, representa o decréscimo do PP para o valor mais baixo de potência mecânica registado no teste.

O PP e o MP são, geralmente, expressos em termos absolutos (W) e em termos relativos ($\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$), PP_{rel} e MP_{rel} , respetivamente, enquanto o FI é expresso em percentagem (%) do PP. O FI, que é menos frequentemente relatado, pensa-se que esteja associado com a percentagem de distribuição do tipo de fibras musculares, contudo, em jovens este conhecimento ainda não foi estabelecido (Chia & Armstrong, 2007).

A resistência standardizada (e.g., $0,74 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ para o trem inferior) poderá não satisfazer a relação muscular força-velocidade, sendo, geralmente, o PP menor do que em outros testes (Van Praagh, 2008). Diversos autores, através do FVT, mostraram que a resistência ótima provoca o aumento do PP durante o crescimento e a maturação, em ambos os sexos (Van Praagh *et al.*, 1990; Santos *et al.*, 2002, 2003; Doré *et al.*, 2005). O WAnT realizado com a resistência standardizada tende a subestimar o PP, comparativamente com a realização do WAnT com a resistência ótima (PP_{opt}) calculada através do FVT (Rebello-Gonçalves *et al.*, 2014).

Num estudo de rapazes de 12 anos de idade, não atletas, foi concluído que o WAnT é sensível a incrementos na resistência entre os 6,5 e os 8,0% do peso, especificamente o PP é sensível a pequenas alterações na resistência, enquanto o MP a maiores incrementos na resistência (Almuzaini, 2000). A resistência ótima pode variar consideravelmente entre sujeitos com idades e níveis de aptidão física distintos ou para

sujeitos desportistas de modalidades distintas (Inbar *et al.*, 1996). No entanto, a determinação da resistência ótima a aplicar no WAnT, depende de diversos momentos de recolha e das limitações do FVT, principalmente do maior tempo necessário para determinar a resistência ótima e da maior acumulação de lactato após múltiplos sprints. Este teste consiste na realização de 4 a 6 sprints em cicloergómetro à máxima intensidade contra resistências que variam entre os 0,29 e os 0,99 N·kg⁻¹ (Chia & Armstrong, 2007; Van Praagh, 2008).

A aplicação do WAnT mostrou reprodutibilidade e validade (Van Praagh, 2008). Este teste apresenta elevada reprodutibilidade quando realizado sob condições ambientais padronizadas, apresentando coeficiente de correlação entre o teste e o re-teste entre 0,88 e 0,99 (Inbar *et al.*, 1996), porém, a reprodutibilidade dos resultados do teste é maior em jovens treinados do que em não treinados (Chia & Armstrong, 2007). A validade, apesar de ser mais difícil de comprovar devido à inexistência de um teste padrão que sirva de referência, tem sido testada recorrendo a comparações com outros testes de laboratório ou de terreno (Inbar *et al.*, 1996). O corpo de conhecimento permite salientar que a energia obtida provém maioritariamente do metabolismo anaeróbio, no entanto, a participação dos metabolismos é variável consoante o nível de treino (atletas ou não atletas), o tipo de treino (aeróbio ou anaeróbio), bem como o sexo dos participantes (Inbar *et al.*, 1996).

O WAnT deve ser precedido de um aquecimento adaptado às características do teste e da amostra em estudo (Inbar *et al.*, 1996). Aspectos como a realização do aquecimento a partir de uma posição estacionária ou em movimento podem alterar o desempenho na tarefa (Chia & Armstrong, 2007). Para além disso, é necessário realizar uma recuperação ativa, contra uma resistência baixa, de forma a minimizar alguns efeitos secundários, como tonturas (Van Praagh, 2008), sendo afirmado que crianças recuperam mais rapidamente do que os adultos, nomeadamente um período de 2 minutos parece suficiente para a recuperação total em rapazes entre os 9-12 anos de idade (Hebestreit *et al.*, 1993).

Um outro aspeto a ter em conta é que para a realização do WAnT é necessário uma forte motivação dos participantes (Van Praagh, 2008), daí ser indispensável incentivar durante o teste, para a obtenção do máximo desempenho por parte destes (Inbar *et al.*, 1996; Andreacci *et al.*, 2002).

A Tabela 3 apresenta valores médios de PP e MP em estudos realizados no WAnT, em crianças e adolescentes, que servem de referência para os resultados do presente estudo em participantes da mesma faixa etária.

Tabela 3: Valores médios de PP e MP de alguns estudos realizados através do WAnT.

Autores	Ano	Sexo	n	Amostra	Idade (anos)	PP (W)	PP (W·kg ⁻¹)	MP (W)	MP (W·kg ⁻¹)	FI (%)
Falgairette <i>et al.</i>	1993	M	53	Natação	11	-	-	-	5,8	-
McManus <i>et al.</i>	1997	F	12 11 7	NA	9-10	219,8 291,4 297,5	- - -	175,1 229,6 210,7	- - -	- - -
De Ste Croix <i>et al.</i>	2001	M	15 15	NA	12 10	486 267	- -	303 193	- -	- -
		F	18 19 97		11-12 10 12	431 225 321	- - -	261 173 269	- - -	- - -
Armstrong <i>et al.</i>	2001	M	95 28 100	NA	13 17 12	468 707 333	- - -	356 573 275	- - -	- - -
		F	80 17		13 17	454 553	- -	325 439	- -	- -
Bencke <i>et al.</i>	2002	M	9 13	E Natação NE Natação	9-13 10-13	355 316	8,8 8,0	319 254	7,7 6,6	29 33,4
		F	17 7	E Natação NE Natação	11-14 10-12	339 276	7,9 7,8	284 238	7,2 6,8	25,9 26
Chia	2004	M	45	NA	14-15	619	-	459	-	-
		F	36		13-14	471	-	422	-	-
Bloxham <i>et al.</i>	2005	M	28	NA	11-12	390,8	9,9	290,5	7,3	-
		F	28		11-12	387,0	9,3	282,3	6,8	-
Fernandes	2006	M	11	Natação	11-12	286,1	7,1	224,5	5,6	37,5
		M	15		8-10	298,4	8,6	193,7	5,7	-
Ribeiro ^a	2007	M	15	Natação	13-14	605,6	11,4	413,4	7,8	-
		F	15		7-9	192,1	6,8	128,3	4,5	-
		F	15		12-13	415,1	8,7	333,1	7,0	-
Andreacci <i>et al.</i>	2007	M e F	17	NA	9-11	283,9	6,6	133,6	3,1	48,2
Beneke <i>et al.</i> ^a	2007	M	10 10	NA	11-12 15-17	- -	10,8 11,5	- -	7,9 8,9	- -
		M	9		10-11	242,6	-	220,2	-	21,1
Tomazin <i>et al.</i>	2008	M	9	NA	14-15	477,6	-	406,7	-	31,7
		F	7 7		10-11 14-15	237,7 385,3	- -	207,7 326,9	- -	29,5 33,9
		M	9	Natação	13-15	496	8,9	400	7,1	30
McNarry <i>et al.</i>	2011c	F	8 15 10	NA	10-12 13-15 11-13	325 454 359	7,3 8,3 8,3	258 352 274	5,9 6,4 6,3	28 42 42
McGawley <i>et al.</i>	2012	F	8	NA	12	340	-	271	-	-

Nota: M – masculino; F – feminino; n – número de elementos da amostra; NA – Não atletas; E – elite; NE – não elite; PP – *peak power* (potência mecânica máxima); MP – *mean power* (média de potência mecânica); FI – *fatigue index* (índice de fadiga).

^a Estes autores determinaram o PP através da resistência ótima (PP_{opt}).

2.6.2. Desenvolvimento da aptidão anaeróbia em crianças e adolescentes

Os dados referentes à aptidão anaeróbia, em crianças e adolescentes, são mais abundantes nos rapazes do que nas raparigas e advêm maioritariamente de estudos transversais (Chia & Armstrong, 2007; Van Praagh, 2008). Contudo, apesar das dificuldades inerentes à realização de estudos longitudinais, estes são mais fiáveis quando os resultados abrangem os períodos pré-púberes, púberes e pós-púberes (Kemper, 1986, 2008; Armstrong, Welsman, Williams, & Kirby, 2000), permitindo conhecer o desenvolvimento da aptidão anaeróbia ao longo do processo de crescimento e maturação.

Como foi referido anteriormente, os dados sobre a aptidão anaeróbia de jovens são derivados principalmente do WAnT (McNarry & Jones, 2014), sendo um dos testes mais usados na literatura, possibilitando conhecer o desenvolvimento da aptidão anaeróbia desde as crianças até aos adultos. Nesse sentido, uma evidência consistente é que o PP e o MP aumentam com a idade (Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Welsman & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Van Praagh, 2008).

Em estudos transversais referentes à realização do WAnT com os membros superiores e inferiores (Inbar & Bar-Or, 1986; Blimkie, Roache, Hay, & Bar-Or, 1988; Inbar *et al.*, 1996), em participantes do sexo masculino e feminino, abrangendo idades desde os 8 aos 35 anos, foi concluído que o PP e o MP relacionam-se positivamente com a idade em ambos os sexos. Conquanto, a relação entre a performance no WAnT (PP e MP) e a idade é maior na performance dos membros inferiores do que nos membros superiores, sendo o PP nos membros superiores cerca de 60-70% dos valores que se verificam nos membros inferiores. Contudo, mesmo quando observados os valores do PP_{rel} e MP_{rel} , a potência gerada por um rapaz de 9 anos é apenas 70-80% da gerada por um jovem adulto do sexo masculino (Inbar & Chia, 2008).

De acordo com Inbar (1985 cit. Inbar & Chia, 2008), nos rapazes entre os 10-12 anos de idade, os valores de PP_{rel} e MP_{rel} dos membros inferiores, atingem 80% ($6,90 \pm 1,15$ vs. $8,63 \pm 0,78 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$) e 81,3% ($5,95 \pm 0,46$ vs. $7,32 \pm 0,34 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$), dos valores obtidos por um adulto do sexo masculino (25-35 anos). Enquanto no sexo feminino, as raparigas entre os 10-12 anos de idade, representam 72,3% ($6,10 \pm 1,33$ vs. $8,43 \pm 1,07 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$) e 91,6% ($5,21 \pm 1,08$ vs. $5,69 \pm 0,59 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$) dos valores obtidos por

uma adulta (18-25 anos). Assim, concluiu-se que as diferenças entre os rapazes e os homens são maiores do que entre as raparigas e as mulheres, todavia, existem menos estudos no sexo feminino.

Os dados sobre a aptidão anaeróbia sugerem que os indicadores de potência mecânica (e.g., PP e MP), bem como indicadores de testes de terreno (e.g., 100 m no atletismo), aumentam com a idade, mesmo quando ajustados para o peso corporal, após a maturação sexual ser atingida (Van Praagh, 2008). Entre os 16 (assumindo que a maturação sexual encontra-se completa) e os 30 anos (quando ocorre o pico da aptidão anaeróbia para os membros inferiores), os valores do PP e do PP_{rel} continuam a aumentar com a idade, em 55% e 45%, respetivamente (Inbar, 1985 cit. Inbar & Chia, 2008). Estudos mais recentes suportam esta observação durante os períodos de infância, adolescência e na idade jovem adulta, relativamente à aptidão anaeróbia obtida através do WAnT (Hebestreit *et al.*, 1993; Chia, 2001; Armstrong, Welsman, & Chia, 2001), FVT (Santos *et al.*, 2002, 2003), FVT com inércia (Doré, Bedu, França, & Van Praagh, 2001) ou teste em cicloergómetro isocinético (Williams & Keen 2001).

As diferenças, na aptidão anaeróbia, entre os sexos, são mínimas durante a infância, amplificando-se durante a adolescência, contudo, esta tendência varia de acordo com os testes utilizados (Malina *et al.*, 2004). No WAnT, as diferenças no PP e MP entre os sexos são mínimas até por volta dos 12 anos de idade, geralmente com valores superiores nos rapazes em relação às raparigas a partir dessa idade (Welsman & Armstrong, 2007).

Armstrong, Welsman, & Kirby (1997) utilizaram o WAnT para determinar o PP e o MP de 100 rapazes e 100 raparigas, com 12 anos de idade, tendo encontrado valores absolutos significativamente maiores nas no sexo feminino. Contudo, quando os dados foram ajustados para massa corporal usando a alometria, os rapazes obtiveram valores significativamente superiores comparativamente com as raparigas. Por outro lado, verificou-se um efeito entre a maturação e estas variáveis, em termos absolutos e relativos, em ambos os sexos. Assim, estes dados mostram claramente a importância da massa corporal e maturação na interpretação dos resultados da aptidão anaeróbia.

Verifica-se uma necessidade urgente de mais estudos longitudinais que incluam rapazes e raparigas, durante toda a infância e adolescência (Chia & Armstrong, 2007). Dos escassos estudos existentes, os resultados parecem comprovar os dados obtidos em

estudos transversais. Armstrong *et al.* (2001), investigaram as alterações na aptidão anaeróbia em relação ao crescimento e maturação em ambos os sexos. Entre os 12 e os 17 anos, o PP e o MP aumentaram nos rapazes 121% e 113%, enquanto nas raparigas aumentaram 66% e 60%, respetivamente. Entre as mesmas idades, o lactato sanguíneo aumentou 23% nas raparigas e 31% nos rapazes, mas sem diferenças entre os sexos. Os rapazes obtiveram valores superiores de PP e MP, mesmo quando controlados para a massa corporal e MG, tendo sido verificado que no MP as diferenças entre os sexos aumentam com a idade. Por outro lado, a idade exerce um efeito positivo no PP e MP, mas não linear, enquanto a maturação sexual não exerceu um efeito independente no PP e MP, uma vez controlado o peso e a MG.

Num outro estudo, De Ste Croix *et al.* (2001), examinaram as alterações no PP e MP em crianças de 10 anos durante 21,6 meses, com recurso à modelação multinível. Os mesmos autores não observaram efeitos da maturação ou sexo no PP e no MP, mas foi encontrado um efeito da idade no MP. Por outro lado, o volume muscular da coxa, determinado pela ressonância magnética, exerce um efeito positivo e independente no PP e MP.

Martin *et al.* (2004) encontraram valores de PP_{opt} semelhantes entre os sexos até aos 14 anos, todavia, a partir dessa idade os valores foram significativamente superiores nos rapazes. Segundo os autores, as diferenças entre os sexos deverão ser explicadas por determinantes neuromusculares associados à velocidade de contração. Nos rapazes, o desenvolvimento do PP_{opt} , deveu-se fundamentalmente aos fatores musculares qualitativos (fibras tipo II, capacidade glicolítica, coordenação motora e ativação das unidades motoras). Nas raparigas, o desenvolvimento do PP_{opt} , foi explicado, maioritariamente, por fatores musculares quantitativos (volume muscular).

O PP_{opt} em rapazes e raparigas com idades de 12-14 anos, aumentou com a idade, mas não houve diferenças entre os sexos. O volume muscular da coxa foi a variável explicativa para o PP_{opt} , mesmo quando controlado o peso dos participantes (Santos *et al.*, 2003).

Em síntese, as crianças e adolescentes obtêm menores valores de PP e MP do que os adultos, quer sejam expressos em termos absolutos (Inbar *et al.*, 1996; Armstrong & Welsman, 1997), em termos relativos tendo em conta o peso corporal (Inbar & Bar-Or, 1986; Falgairette *et al.*, 1991; Bar-Or, 1995; Inbar *et al.*, 1996;

Armstrong & Welsman, 1997), bem como tendo em conta a massa livre de gordura (Blimkie *et al.*, 1988; Doré, Diallo, França, Bedu, & Van Praagh, 2000).

A massa corporal, composição corporal e volume muscular na coxa estão fortemente correlacionadas com a aptidão anaeróbia, contudo, a idade exerce um efeito positivo adicional no PP e MP independente desses fatores, não havendo fortes indícios de que a maturação exerça um efeito independente sobre o PP e MP, uma vez a idade, tamanho corporal e composição corporal tenham sido controlados (Chia & Armstrong, 2007).

O ritmo e magnitude das melhorias na aptidão anaeróbia variam durante o crescimento e maturação. As melhorias na aptidão anaeróbia são mais acentuadas nos rapazes e as diferenças entre os sexos no PP e MP aumentam durante e após a puberdade. Durante a adolescência, as raparigas obtêm valores entre 50% e 70% da performance dos rapazes (Welsman & Armstrong, 2007).

A literatura encontra-se limitada quanto aos efeitos do treino na aptidão anaeróbia (Rowland, 2005; Baxter-Jones & Mundt, 2007; Matos & Winsley, 2007; Tolfrey, 2007; McNarry & Jones, 2014). Todavia, Baxter-Jones & Mundt (2007) sugerem que os atletas devem ser capazes de produzir valores superiores de potência, comparados com não atletas, uma vez que se têm verificado melhorias no desempenho anaeróbio mesmo após a participação em programas de treino predominantemente aeróbios (Obert, Mandigout, Vinet, & Courteix, 2001). Assim, as crianças e adolescentes conseguem melhorias na aptidão anaeróbia após o treino (Grodjinsky, Inbar, Dotan, & Bar-Or, 1980; Rotstein, Dotan, Bar-Or, & Tenenbaum, 1986; McManus, Armstrong, & Williams, 1997; Ingle, Sleaf, & Tolfrey, 2006), embora os incrementos sejam pequenos (Baxter-Jones & Mundt, 2007; Tolfrey, 2007). No entanto, esses incrementos poderão ser potenciados com a participação em programas específicos direcionados para a melhoria do metabolismo anaeróbio (Baxter-Jones & Mundt, 2007).

A compreensão do metabolismo anaeróbio em jovens atletas (Inbar & Chia, 2008; McManus & Armstrong, 2011; Armstrong & McManus, 2011), apresenta-se como uma área de enorme destaque dado que em diversos desportos é fundamental o desempenho de atividades de intensidade máxima. Alterações metabólicas após o treino têm sido evidenciadas, tal como o aumento do lactato e da enzima fosfofrutoquinase

(Baxter-Jones & Mundt, 2007), porém, não existe informação suficiente para determinar se as diferenças na maturação, idade e sexo dos jovens poderão influenciar a treinabilidade anaeróbia (Tolfrey, 2007).

2.6.3. Fatores determinantes da aptidão anaeróbia em crianças e jovens

Diversos autores procuraram explicar os fatores determinantes para um menor desempenho anaeróbio nas crianças (Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008), entre os quais estão incluídos fatores anatómicos, fisiológicos, neurais, bioquímicos, hormonais e genéticos.

O desempenho de exercício em jovens depende de fatores genéticos, ambientais e da sua interação, por isso, a aptidão anaeróbia encontra-se dependente, de certa forma, do genótipo (Inbar & Chia, 2008). Os estudos nesta área têm analisado fundamentalmente gêmeos para perceber as diferenças nos fatores genéticos, que parecem exercer uma influência moderada ou forte no desempenho de PAn e da CAN através do WAnT (Calvo *et al.*, 2002). Na literatura existem evidências que apontam para que os fatores genéticos sejam responsáveis por cerca de 50% da variância na aptidão anaeróbia máxima (Van Praagh, 2000; Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008).

O desempenho de diversas habilidades motoras requer uma correta coordenação entre os vários músculos envolvidos (Bar-Or & Rowland, 2004). As investigações nesta área são escassas devido às restrições éticas na utilização de procedimentos invasivos em jovens saudáveis (Chia & Armstrong, 2007). No entanto, está bem documentado o facto do desempenho neuromuscular sofrer diversas alterações durante a infância e a adolescência, encontrando-se as componentes neuromusculares totalmente desenvolvidas após a puberdade (Bosco & Komi, 1980). Um dos aspetos que sofre maiores alterações diz respeito à mielinização das fibras nervosas, que termina na adolescência, indicando que até esse período a coordenação e o tempo de reação é limitado e menor nas crianças do que se verifica nos adultos (Bar-Or & Rowland, 2004; Inbar & Chia, 2008). Assim, a capacidade para a realização de atividades de curta

duração e intensidade máxima, desenvolve-se gradualmente durante a infância (Martin & Malina, 1998).

Alguns estudos sugerem melhorias com a idade no recrutamento de unidades motoras e no ângulo de penação (Fournier *et al.*, 1982). Por outro lado, os adultos do sexo masculino possuem uma melhor capacidade para utilizar a energia elástica dos músculos comparativamente com rapazes pré-púberes (Moritani, Oddsson, Thorstensson, & Astrand, 1989). Desta forma, parece plausível que as alterações neurais durante o crescimento e maturação possam influenciar a aptidão anaeróbia dos jovens (Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008), incluindo a mielinização das fibras nervosas, o aumento da coordenação intra e intermuscular, bem como as melhorias com o treino na coordenação entre os músculos multiarticulares (Chia & Armstrong, 2007).

O desempenho anaeróbio significativamente menor nas crianças reflete, entre outros aspetos, a sua menor capacidade de ressíntese de ATP pela via da glicólise anaeróbia, durante exercício de intensidade máxima (Bar-Or & Rowland, 2004; Inbar & Chia, 2008). As concentrações de PCr e de glicogénio são menores nas crianças, mas principalmente a capacidade para a utilização da glicólise anaeróbia é consideravelmente inferior nas crianças em comparação com os adultos (Eriksson, 1980; Berg, Kim, & Keul, 1986; Kuno *et al.*, 1995). Um dos métodos para estimar a utilização do glicogénio durante o exercício consiste na mensuração das concentrações máximas de lactato no músculo, e por isso, tem sido pouco utilizado em crianças devido às limitações éticas (Inbar & Chia, 2008). No entanto, os dados existentes permitem constatar uma menor concentração máxima de lactato nas crianças e adolescentes do que nos adultos (Williams & Armstrong, 1991; Hebestreit, Meyer, Htay, Heigenhauser, & Bar-Or, 1996; Ratel, Duche, Hennegrave, Van Praagh, & Bedu, 2002; Bottaro *et al.*, 2011), mas algumas evidências parecem indicar que essa menor concentração máxima de lactato pode ser resultado de uma remoção mais rápida e não necessariamente devido a uma menor capacidade de produção de lactato (Beneke, Hutler, Jung, & Leithauser, 2005).

A taxa de utilização da glicólise é limitada pela atividade enzimática, tais como as enzimas fosforilase, piruvato desidrogenase e a fosfofrutoquinase (Inbar & Chia, 2008), tendo sido verificado menor atividade da enzima fosfofrutoquinase em crianças e adolescentes do que nos adultos (Eriksson *et al.*, 1973; Kuno *et al.*, 1995). Por outro

lado, durante o exercício máximo, as crianças (Zanconato, Buchthal, Barstow, & Cooper, 1993) e adolescentes (Kuno *et al.*, 1995) não apresentam uma acidose tão elevada como nos adultos (Ratel *et al.*, 2002). Assim, é especulado que as vias metabólicas envolvidas no exercício anaeróbio máximo e a tolerância à acidose, não se encontram totalmente desenvolvidas até à idade jovem adulta, sendo as alterações maturacionais mais pronunciadas no sexo masculino do que no sexo feminino (Inbar & Chia, 2008).

A capacidade para o músculo gerar força depende da sua área de secção transversal, enquanto a sua velocidade de encurtamento depende do seu comprimento, entre outros fatores (Bar-Or & Rowland, 2004; Inbar & Chia, 2008). A potência mecânica corresponde ao produto de força e da velocidade, por isso, depende do volume ou da massa muscular (Bar-Or & Rowland, 2004; Inbar & Chia, 2008). O volume muscular em crianças é menor do que nos adultos, quando normalizado para o peso, e aumenta durante a infância e a adolescência, juntamente com o aumento do PP e do MP (Martin & Malina, 1998). O padrão de desenvolvimento da massa muscular constituiu uma parcela importante, mas não total, para a explicação das diferenças relacionadas com a idade e o sexo na aptidão anaeróbia durante a infância e a adolescência (Chia & Armstrong, 2007). As diferenças entre os sexos identificam um menor volume muscular nas raparigas, aproximadamente 50% e 70% para o membro superior e inferior, respetivamente, após a adolescência (Inbar & Chia, 2008). Segundo Van Praagh (2000), o aumento no tamanho das fibras musculares, entre os períodos de infância e da adolescência, é de aproximadamente 3,5 vezes no sexo feminino e 4,5 vezes no sexo masculino. Para alguns autores (Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008), parece plausível que existam diferenças entre os adultos e as crianças e os adolescentes na percentagem do tipo de fibras musculares, devido às diferenças na idade e sexo, nos resultados da variável índice de fadiga através do WAnT (Inbar *et al.*, 1996).

Tem sido sugerido que os fatores hormonais, especialmente por volta do período da puberdade, possam ser responsáveis por algumas das diferenças características no desempenho de exercício de intensidade máxima entre os sexos, nomeadamente o aumento da concentração da hormona do crescimento e da testosterona nos rapazes, porém, as evidências são equívocas devido à variabilidade intra-individual nos níveis de hormonas circulantes (Chia & Armstrong, 2007). Alguns estudos indicaram, embora

não tenha sido totalmente confirmado, que a capacidade dos rapazes para produzir lactato (Eriksson, Karlsson, & Saltin, 1971) ou para gerar potência anaeróbia máxima (Ferretti *et al.*, 1994) depende dos níveis de testosterona circulantes e de outras alterações hormonais durante a puberdade, tais como o aumento da hormona do crescimento e o fator de crescimento semelhante à insulina (Bar-Or & Rowland, 2004; Rowland, 2005; Inbar & Chia, 2008). O menor desempenho anaeróbio no sexo feminino quando comparado com indivíduos do sexo masculino e a menor diferença na potência anaeróbia máxima relacionada com a idade entre as participantes do sexo feminino suportam essa hipótese, contudo, não existem evidências suficientes que permitam afirmar categoricamente que a diferença entre a taxa de glicólise entre os rapazes e os homens seja explicada por diferenças nas concentrações hormonais (Inbar & Chia, 2008).

Como já foi anteriormente referido, estudos que examinaram as alterações no PP e MP em crianças e adolescentes dos 10 aos 12 anos através do WAnT (Armstrong *et al.*, 1997, 2001), e no PP_{opt} em adolescentes dos 12 aos 14 anos através do FVT (Santos *et al.*, 2003), com recurso à modelação multinível, não encontraram efeitos significativos do sexo ou maturação no PP, MP e no PP_{opt}. Estes resultados contrariam as evidências de que a maturação sexual conta de uma forma significativa para o desempenho de atividade anaeróbias. Porém, o aumento no tamanho corporal (altura ou peso), e o início da maturação sexual (aumento das concentrações de hormonas circulantes), encontram-se ambos relacionados com a idade, podendo ter um impacto co-dependente ou independente sobre a capacidade dos jovens para a realização de exercício anaeróbio máximo (Inbar & Chia, 2008).

2.7. Conceito de especialização metabólica

As características morfológicas e funcionais de adultos ativos, especialmente de atletas de alto nível, são altamente especializadas. Algumas dessas características são adquiridas com o treino (e.g., aumento da massa muscular), sendo que outras são predominantemente inerentes ao indivíduo (e.g., elevada altura) e podem ser consideradas como “talento” (Bar-Or & Rowland, 2004). As características de atletas

adultos de elite variam entre as diferentes modalidades (Slater *et al.*, 2013), mas também entre atletas da mesma modalidade em função das características da prova (Crielaard & Pirnay, 1981). Por exemplo, os velocistas geralmente são mesomórficos, com uma musculatura mais desenvolvida, mas obtêm uma moderada potência aeróbia máxima, enquanto os atletas de longas distâncias são geralmente ectomorfos, com uma elevada potência aeróbia máxima, mas relativamente baixa taxa de força explosiva (Crielaard & Pirnay, 1981; Bar-Or & Rowland, 2004).

Maglischo (2003) apresenta as características dos nadadores fundistas (longas distâncias) e dos nadadores velocistas (dividindo estes últimos em três tipos, de acordo com a distância de nado em que são especialistas):

- os nadadores de longas distâncias possuem uma elevada potência aeróbia e um elevado limiar anaeróbio, apresentando maiores percentagens de fibras musculares de contração lenta;
- os nadadores com melhor desempenho nas distâncias de 50 metros possuem uma elevada potência anaeróbia, mas baixa capacidade aeróbia, e geralmente apresentam maior percentagem de fibras rápidas;
- os nadadores que obtêm melhores desempenhos nas distâncias de 100 metros possuem uma elevada potência anaeróbia, mas não tão elevada como os velocistas especialistas nas distâncias de 50 metros, e apresentam uma distribuição equitativa (cerca de 50%) de fibras rápidas e lentas;
- os nadadores que obtêm melhores resultados nas distâncias de 200 metros, geralmente destacam-se por uma boa potência anaeróbia, mas também devem possuir uma boa capacidade aeróbia, geralmente com uma percentagem de fibras rápidas superiores aos dois tipos de sprinters anteriormente referidos, e podem também obter bons desempenhos nos 400 metros (nadadores de médias distâncias).

Assim, os atletas velocistas e fundistas apresentam uma relação negativa entre a potência aeróbia e anaeróbia, demonstrando essa mesma especialização (Crielaard & Pirnay, 1981).

Bar-Or (1983) expôs pela primeira vez a ideia de que, contrariamente aos adultos, as crianças não são especializadas metabolicamente, ou seja, as crianças que

possuem um melhor desempenho aeróbio também possuem um melhor desempenho anaeróbio. Este conceito foi apresentado com base na observação das características morfológicas e do perfil funcional de crianças (e.g., Mayers & Gutin, 1979), e comprovada em diversos estudos de crianças pré-púberes não praticantes de nenhuma modalidade desportiva (Bar-Or, 1983; Rotstein *et al.*, 1986; Prasad *et al.*, 1995; Bloxham, Armstrong, De Ste Croix, & Welsman, 2001; Bloxham *et al.*, 2005), e praticantes da modalidade de natação (Bar-Or, 1983; Falgairette, Duche, Bedu, Fellmann, & Coudert, 1993). Falgairette *et al.* (1993) avaliaram crianças pré-púberes praticantes de natação e não praticantes, onde verificaram uma correlação moderada entre o desempenho no teste de potência aeróbia máxima e o teste de potência anaeróbia máxima, independentemente da prática desportiva, permitindo aos autores concluir que não se verificou especialização aeróbia ou anaeróbia e que o treino não induziu alterações significativas nas características bioenergéticas de crianças pré-púberes.

Contudo, alguns autores não comprovaram este conceito (Docherty & Gaul, 1991; Fernandes, 2006; Al-Hazzaa *et al.*, 1998). Num estudo sobre os efeitos da especificidade do treino em crianças praticantes de natação e de futebol, foram observados valores significativamente superiores nos futebolistas na potência aeróbia máxima em passadeira e valores significativamente superiores nos nadadores relativamente ao desempenho na potência anaeróbia máxima num ergómetro para o trem superior (Al-Hazzaa *et al.*, 1998).

Apesar de nem todos os estudos serem consensuais quanto a esta temática, a maturação parece influenciar diretamente o conceito de especialização metabólica (Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2002, 2005). Nesse sentido, Falk & Bar-Or (1993), compararam a potência aeróbia máxima em ergómetro com a potência anaeróbia máxima no WAnT, de acordo com o nível maturacional dos participantes não praticantes de nenhuma modalidade desportiva. Os autores encontraram correlações elevadas nos pré-púberes e púberes, concluindo que a especialização metabólica deverá ter início após a puberdade, no entanto, os autores usaram os valores absolutos em vez de valores relativos para analisar essas correlações. Murphy (2001) estudou a relação entre a potência aeróbia máxima e a potência anaeróbia máxima (WAnT) em 10 meninas (média de 10 anos) e 10 mulheres (média de 22 anos) não treinadas. Quando os dados foram ajustados para o peso corporal, verificaram-se correlações

significativamente moderadas em ambos os grupos. Assim, os autores concluíram que o fenómeno da não especialização metabólica foi observável no sexo feminino, em crianças e adultas não treinadas, devido à não influência do treino.

A baixa especialização metabólica nas crianças atletas deverá refletir diferenças na treinabilidade entre as crianças e os adultos, uma vez que os adultos conseguem atingir melhorias significativamente superiores através do treino ao nível da força, potência anaeróbia e aeróbia comparando com as crianças (Rowland, 2002, 2005). Um dos possíveis fatores influenciadores consiste no facto do crescimento e a maturação assumirem um papel importante no desenvolvimento do metabolismo anaeróbio (Falgairrette *et al.*, 1991; Van Praagh, 2000).

Por outro lado, as diferenças na composição corporal e o somatótipo são fundamentais na performance aeróbia e anaeróbia. Algumas das características antropométricas que definem as capacidades atléticas nos adultos são desenvolvidas durante a puberdade, com influência das hormonas sexuais (Rowland, 2002, 2005).

A literatura disponível parece sugerir que as crianças atletas pré-púberes e no início da puberdade são menos especializadas do que os adultos, em esforços tipicamente aeróbios ou anaeróbios (Bar-Or & Rowland, 2004), contudo, ainda não se sabe ao certo quando é que acontece a especialização em nadadores de ambos os sexos, nem em que período da época desportiva. Apesar de ser um conceito pouco recente, os investigadores ainda não foram capazes de resolver a questão da especialização metabólica (Rowland, 2005), tornando-se preponderante perceber em que momento esta acontece para potenciar o treino de uma modalidade desportiva em função das capacidades dos seus praticantes (Balyi & Williams, 2009; Balyi *et al.*, 2013).

2.8. Caracterização da modalidade de natação pura desportiva

A Federação Internacional de Natação Amadora (FINA) é o órgão mundial dos desportos aquáticos, incluindo a disciplina de natação pura desportiva, sendo a modalidade a nível Europeu coordenada pela Liga Europeia de Natação (LEN). Esta define-se como uma modalidade individual, cíclica e fechada, com características específicas inerentes ao meio onde se desenrola, ou seja, ao meio aquático (Maglischo,

2003). Algumas dessas características fazem com que a força propulsiva realizada na água seja menor comparativamente, por exemplo, com modalidades em que os atletas utilizam o solo para se deslocarem, e por outro lado, a água, como é mais densa, cria maior resistência à propulsão (Bixler, 2005a, 2005b; Maglischo, 2003). Nesse sentido, surgiram diversas teorias para aumentar o conhecimento relativamente à hidrodinâmica fundamental da propulsão na natação (Bixler, 2005a, 2005b; Arellano, Nicoli-Terrés, & Redondo, 2006), de forma a criar um conhecimento científico que permita a melhoria da técnica de nado (Maglischo, 2003), essencial para obter um ótimo rendimento desportivo na modalidade.

A Figura 6 apresenta os fatores determinantes do rendimento desportivo na modalidade de natação pura desportiva, os quais se relacionam direta ou indiretamente entre si (Fernandes, 1999; Barbosa *et al.*, 2010a, 2010b; Latt *et al.*, 2010; Morais *et al.*, 2013).

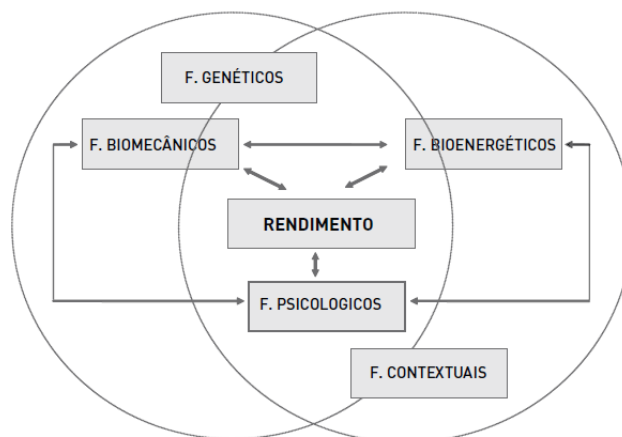


Figura 6: Diagrama síntese dos fatores determinantes do rendimento desportivo do nadador (Fernandes, 1999).

O rendimento desportivo depende, assim, de vários fatores: genéticos (Maglischo, 2003); contextuais, tais como apoio familiar, apoio social, hábitos de vida, nutrição e treino (Fernandes & Vilas-Boas, 2002); bioenergéticos, relacionados com os metabolismos energéticos (Toussaint & Hollander, 1994; Rodriguez, 2000; Barbosa *et al.*, 2005, 2006; Fernandes & Vilas-Boas, 2006; Keskinen, Keskinen, & Mero, 2007;

Reis *et al.*, 2010a, 2010b; Reis, Alves, Bruno, Vleck, & Millet, 2012; Figueiredo, Zamparo, Sousa, Vilas-Boas, & Fernandes, 2011; Fernandes *et al.*, 2008, 2012; Latt *et al.*, 2010; Sousa *et al.*, 2011; Sousa, de Jesus, Figueiredo, Vilas-Boas, & Fernandes, 2013; Lomax, 2011; Michele *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2012; Lomax, Iggleden, Tourell, Castle, & Honey, 2012; Morais *et al.*, 2013; Peyrebrune, Toubekis, Lakomy, & Nevill, 2014); biomecânicos, onde se procura uma maior eficiência da técnica de nado (Barbosa *et al.*, 2005; Fernandes & Vilas-Boas, 2006; Fernandes *et al.*, 2008; Marinho *et al.*, 2009, 2011; Latt *et al.*, 2010; Figueiredo *et al.*, 2011; Morouço, Keskinen, Vilas-Boas, & Fernandes, 2011; Costa *et al.*, 2012; Morais *et al.*, 2013); e psicológicos (Fernandes & Vilas-Boas, 2006; Raposo, 2006). Pode-se ainda incluir a contribuição da cinantropometria para o conhecimento dos fatores morfológicos determinantes para o desempenho na modalidade (Fernandes, Barbosa, & Vilas-Boas, 2002; Wells, Schneiderman-Walker, & Plyley, 2006; Zuniga *et al.*, 2011; Latt *et al.*, 2010; Morais *et al.*, 2013; Rossi *et al.*, 2013), nomeadamente o facto das relações entre as alavancas e as proporções corporais determinarem as qualidades hidrodinâmicas dos nadadores (Boulgakova, 1990).

Na modalidade de natação a capacidade motora predominante é a resistência, todavia, esta não existe enquanto capacidade isolada (Gomes Pereira, 1992; Maglischo, 2003; Valdivielso, Gaia, & Castanon, 2003; Raposo, 2006). A resistência pode ser descrita como a capacidade que permite ao nadador manter um determinado rendimento desportivo, durante um período de tempo o mais prolongado possível (Martin, Carl, & Lehnertz, 2001).

A compreensão de todo o processo fisiológico que caracteriza as várias distâncias das provas de natação assume um papel crucial para que o treinador possa organizar os programas de treino. Assim, quando se analisa uma prova impõe-se interpretar quais os processos fisiológicos predominantes para a obtenção do rendimento (Raposo, 2006).

Nesse sentido, a Tabela 4 apresenta a contribuição relativa dos diferentes sistemas energéticos quanto à relação entre a duração da prova e a distância de nado (adaptado de Maglischo, 2003), sendo possível quantificar a participação percentual dos diferentes sistemas de fornecimento de energia, nas várias distâncias.

Tabela 4: Contribuição relativa dos diferentes sistemas energéticos quanto à relação entre a duração da prova e a distância de nado (adaptado de Maglischo, 2003).

Tempo da competição	Distância da competição (metros)	Participação do metabolismo (%)			
		Anaeróbio alático (ATP-CP)	Anaeróbio láctico (Glicólise)	Aeróbio	
				Metabolismo Glícidos	Metabolismo lípidos
10-15 s	25	50	50	Negligenciável	Negligenciável
19-30 s	50	20	60	20	Negligenciável
40-60 s	100	10	55	35	Negligenciável
1:30-2 min	200	7	40	53	Negligenciável
2-3 min	200	5	40	55	Negligenciável
4-6 min	400	Negligenciável	35	65	Negligenciável
7-10 min	800	Negligenciável	25	73	2
14-22 min	1500	Negligenciável	15	78	7

De forma a melhorar as capacidades individuais dos atletas no treino, deve-se ter presente as zonas de intensidade, uma vez que as adaptações produzidas pelos exercícios de treino são determinadas pelas exigências bioenergéticas associadas à carga a que o organismo dos nadadores é sujeito (Rama & Alves, 2006).

As zonas de intensidade são caracterizadas por parâmetros de carga externa (tarefas) e interna (repercussões fisiológicas esperadas, tais como, lactato, frequência cardíaca e processo de fornecimento de energia requerida pelo esforço) (Rama & Teixeira, 2004; Rama & Alves, 2006).

A Tabela 5 apresenta as zonas de intensidade de treino na modalidade de natação pura desportiva (adaptado de Navarro & Feal, 2001; Sweetenham & Atkinson, 2003; Valdivielso *et al.* 2003; Maglischo, 2003; Peyrebrune, 2005).

Adicionalmente são apresentados os objetivos para cada zona de treino, bem como os períodos de recuperação esperados. De salientar que as siglas variam de autor para autor, tendo sido utilizadas as que se consideram mais apropriadas para a designação da zona de treino, de acordo com a intensidade da realização das tarefas.

Tabela 5: Zonas de intensidade de treino na modalidade de natação pura desportiva (adaptado de Navarro & Feal, 2001; Sweetenham & Atkinson, 2003; Valdivielso *et al.* 2003; Maglisco, 2003; Peyrebrune, 2005).

Fatores de carga	Zonas de Treino		Frequência cardíaca ^a (bts·min ⁻¹)	Lactato (mmol·L ⁻¹)	ESPE	% VO ₂ máx
	Sigla	Designação				
Resistência de Base	A1	Aeróbio baixa intensidade	> 50	< 2	> 9	< 50
	A2	Aeróbio moderado	40 – 50	2 – 4	10 – 12	50 – 80
Resistência Mista	AT	Limiar anaeróbio	20 – 30	3 – 6	14 – 15	80 – 90
	PVO ₂	VO ₂ máx e potência aeróbia	5 – 20	6 – 12	17 – 19	> 90
Resistência de Velocidade	PL	Produção de lactato	5 – 15	8 – 15	17 – 19	± 90
	TL	Tolerância láctica	0 – 10	12 – 20	19 – 20	± 95
Velocidade	AA	Anaeróbio aláctico	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante
Treino	Sigla	Objetivos de treino				Recuperação
Aeróbio	A1	Preparação geral e treino técnico. Preparar o organismo para a atividade principal (aquecimento) ou facilitar a recuperação (retorno à calma). Predominantemente metabolismo lipídico e maioritariamente recrutamento de fibras de contração lenta.				6 – 8 horas
	A2	Aumentar a capacidade de suportar esforços prolongados mediante o melhoramento do sistema cardiorrespiratório. Aumentar a capacidade de remoção de lactato.				12 horas
	AT	Aumentar a capacidade de suportar esforços prolongados em condições de limiar anaeróbio. Intensidade ótima para desenvolvimento da capacidade aeróbia.				24 horas
Ritmo de prova	PVO ₂	Aumentar a capacidade de suportar esforços em condições de consumo máximo de oxigénio. Aumento do VO ₂ máx e da potência aeróbia.				48 horas
	PL	Aumentar o ritmo de produção máxima de energia da glicólise anaeróbia (lactato).				48 horas
	TL	Melhorar a capacidade de tolerar elevadas concentrações de ácido láctico nos músculos.				72 horas
Velocidade de prova	AA	Repetições à máxima intensidade e curta duração, com maior tempo de pausa. Aumentar a produção de energia aláctica (ATP-PCr), coordenação neuromuscular e recrutamento de fibras musculares de contração rápida.				> 3 min

Nota: ESPE – escala da percepção subjetiva de esforço; VO₂máx – consumo máximo de oxigénio; bts – batimentos; min – minuto; mmol – milimole; L – litro; % – percentagem.

^a Indica que os valores apresentados de frequência cardíaca, correspondem aos batimentos abaixo da frequência cardíaca máxima.

2.8.1. Plano de carreira

Enumerados os fatores determinantes para o máximo rendimento desportivo, as características e exigências da modalidade, torna-se imperativo conhecer o plano de carreira, estruturado de forma coerente, onde são definidos os objetivos e conteúdos de treino, organizados de forma racional nas diferentes etapas do processo de formação a

longo prazo (Wilkie & Madsen, 1990; Sweetenham & Atkinson, 2003; Navarro & Feal, 2001; Maglischo, 2003; Balyi *et al.*, 2013).

Um dos pressupostos da elaboração do plano de carreira abrange o conhecimento da idade mais favorável à obtenção do melhor rendimento desportivo, de forma a planear a evolução da carga de treino para atingir o pico de carreira nessas idades (Rama & Alves, 2006). Raposo (2002) apresentou as idades favoráveis a um melhor rendimento desportivo, nas diversas distâncias de nado e em ambos os sexos (Tabela 6), podendo, atualmente, os nadadores estar durante mais tempo ao mais alto nível competitivo (Barbosa *et al.*, 2012). Assim, nas provas mais curtas os nadadores apresentam idades superiores em comparação com as provas mais longas, e os nadadores têm idades superiores às nadadoras em todas as provas.

Tabela 6: Idades favoráveis a um melhor rendimento desportivo (Raposo, 2002).

Distâncias de competição (metros)	Melhor rendimento	
	Homens	Mulheres
50	22-24	20-23
100, 200 e 400	19-22	17-20
800		16-18
1500	18-20	-

Desta forma, os treinadores podem desenhar um plano de carreira sem um excesso de preocupação com o rendimento nos escalões de formação, evitando as principais causas de desistência precoce da carreira desportiva, sem que se alcance o momento de máxima performance e, por outro lado, é necessário considerar os pressupostos da maturação biológica e da respetiva precocidade das nadadoras (Barbosa *et al.*, 2012).

O plano de carreira deve assentar numa estratégia coerente, organizada por etapas, com uma estrutura adequada às necessidades, expectativas e motivações dos praticantes (Balyi *et al.*, 2013). Para além disso, que lhes permita alcançar o nível mais elevado de desempenho, de acordo com o seu potencial e as condições ambientais, e possibilitando que os máximos resultados desportivos surjam nas idades mais propícias (Rama & Alves, 2006; Balyi *et al.*, 2013).

A Tabela 7 apresenta o plano de carreira do nadador português, conciliando as necessidades de preparação com as características das etapas de maturação biológica e psicossocial dos nadadores (Rama & Alves, 2006)

Tabela 7: Idades, anos de treino, etapas do desenvolvimento, maturação biológica e escalões de formação do nadador português (Rama & Alves, 2006).

Idades	Anos de treino	Etapas de formação	Maturação biológica	Escalão FPN
7 – 9 M/F	2 anos	Pré-Competição	Fase Pré-Pubertária	Escolas/Cadetes
9 – 12 M 8 - 11 F	2-3 anos	Formação Técnica	Fase Pré-Pubertária	Cadetes
13– 14 M 12 - 13 F	2- 3 anos	Treino de Base	1º Fase Pubertária	Infantis
15– 16 M 14 F	2 anos	Treino de Orientação	2º Fase Pubertária	Juvenis
> 15 F > 16 M		Treino de Máximo Rendimento		JUN / SEN

Os mesmos autores elaboraram, ainda, os parâmetros da carga global de treino para cada etapa de formação, tendo em consideração as características dos nadadores portugueses. De seguida, são apresentados os parâmetros da carga para as etapas de formação equivalentes aos nadadores que participam no estudo, designadamente, a etapa de formação técnica (Tabela 8), treino de base (Tabela 9) e treino de orientação (Tabela 10).

Tabela 8: Parâmetros da carga global de treino e os valores de referência do volume de treino por zona de intensidade na etapa de formação técnica (adaptado de Rama & Alves, 2006).

Tipo de treino	Parâmetros da carga	Etapa de formação técnica
Treino de água	Sessões/ semana	3 – 5
	Semanas/ ano	30
	Horas/ sessão	1 – 1h15
	Horas/ semana	3 – 5h30
	Horas/ ano	90 – 165
	Km/ sessão	1.0 – 2.0
	Km/ semanal	3 – 10
	Km/ ano	90 – 300
Treino em seco	Sessões/ semana	2 – 3
	Horas/ sessão	30' – 60'
	Horas/ semana	1 – 3
	Horas/ ano	30 – 90
Zona intensidade	Volume treino de água (m)	%
Aeróbio Ligeiro	1000 – 1500	95
Aeróbio Médio	800 – 1200	
Aeróbio Intenso	300 – 800	
Capacidade Láctica	200 – 400	2
Potência Láctica	150 – 200	
Potência Aláctica	50 – 100	3
Capacidade Aláctica	120 – 180	

Tabela 9: Parâmetros da carga global de treino e os valores de referência do volume de treino por zona de intensidade na etapa de treino de base (adaptado de Rama & Alves, 2006).

Tipo de treino	Parâmetros da carga	Etapa de treino de base
Treino de água	Sessões/ semana	5 – 7
	Semanas/ ano	36
	Horas/ sessão	1h 30 – 2h
	Horas/ semana	7h 30 – 14h
	Horas/ ano	270 – 500
	Km/ sessão	2.0 – 4.0
	Km/ semanal	10 – 28
	Km/ ano	360 – 1000
Treino em seco	Sessões/ semana	2 – 3
	Horas/ sessão	45'' – 60'
	Horas/ semana	2 – 4
	Horas/ ano	72 – 144
Zona intensidade	Volume treino de água	%
Aeróbio Ligeiro	1500 – 2000	95
Aeróbio Médio	1200 – 1800	
Aeróbio Intenso	800 – 1200	
Capacidade Láctica	400 – 600	3
Potência Láctica	200 – 300	
Potência Aláctica	120 – 150	2
Capacidade Aláctica	250 – 300	

Tabela 10: Parâmetros da carga global de treino e os valores de referência do volume de treino por zona de intensidade na etapa de treino de orientação (adaptado de Rama & Alves, 2006).

Tipo de treino	Parâmetros da carga	Velocistas		Fundistas
Treino de água	Sessões/ semana	7 – 8		8 – 9
	Semanas/ ano	40		40
	Horas/ sessão	2h		2h
	Horas/ semana	14h – 16h		16 – 18h
	Horas/ ano	560 – 640		640 – 720
	Km/ sessão	3.6 – 4.0		3.8 – 4.5
	Km/ semanal	25 – 30		32 – 38
	Km/ ano	900		1200
Treino em seco	Sessões/ semana	2 – 4		2 – 4
	Horas/ sessão	1h		1h
	Horas/ semana	2 – 4		2 – 4
	Horas/ ano	72 – 144		72 – 144
Zona intensidade	Volume treino de água Velocistas	%	Volume treino de água Fundistas	%
Aeróbio Ligeiro	2000 – 3000	92,5 – 87,5	2000 – 4000	98 – 94
Aeróbio Médio	1500 – 2500		1500 – 3000	
Aeróbio Intenso	1200 – 1600		1200 – 2400	
Capacidade Láctica	600 – 800	2,5 – 7,5	± 600	1 – 3
Potência Láctica	300 – 400		± 300	
Potência Aláctica	150 – 200	5 – 7,5	± 200	1 – 3
Capacidade Aláctica	300 – 400		200 – 300	

Nessas tabelas é de realçar os incrementos da carga ao longo do processo de formação e que os nossos atletas devem ter um volume de treino próximo dos valores apresentados para cada etapa de formação. Contudo, torna-se crucial recolher junto dos atletas e dos treinadores a carga de treino efetivamente realizada por cada atleta ao longo da época analisada, com o intuito de controlar a carga de treino ao longo do estudo.

Capítulo III

Metodologia

3.1. Introdução

A realização desta investigação tem como objetivo principal estudar a especialização metabólica em crianças e adolescentes praticantes da modalidade de natação pura desportiva, e em compará-los com crianças e adolescentes não praticantes de qualquer modalidade desportiva, de ambos os sexos e em diferentes níveis pubertários. O estudo foi aprovado pelo conselho científico da Universidade da Madeira e da Escola Superior de Desporto de Rio Maior – Instituto Politécnico de Santarém.

Para a concretização do objetivo proposto, foram aplicados dois testes em laboratório, um para avaliar a aptidão aeróbia e outro para avaliar a aptidão anaeróbia. Os testes utilizados foram escolhidos tendo em consideração as características dos participantes, principalmente a necessidade de serem adequados à aplicação em crianças e adolescentes não praticantes de qualquer modalidade desportiva. Para além disso, era necessário que cumprissem os pressupostos de confiabilidade e validade (Trochim, 2006). Nesse sentido, foi utilizado o teste de *Balke* adaptado para crianças e adolescentes, realizado em passadeira rolante, e o WAnT realizado com os membros inferiores. Estes dois testes são frequentemente referenciados na literatura como adequados, e amplamente utilizados, para avaliar o PVO₂ (Fernandes, 2006; Brown *et al.*, 2006; Heyward, 2006; Ehrman, 2009) e a PAn e a CAn (Inbar *et al.*, 1996; Chia, 2000; Armstrong *et al.*, 2001; Van Praagh, 2008), respetivamente. Os testes não são específicos da modalidade de natação pura desportiva (Hebestreit & Beneke, 2008; Van Praagh, 2008; Gore *et al.*, 2013), no entanto, a avaliação no âmbito laboratorial permite a recolha de informações úteis para o treinador, sendo uma opção válida e otimizada também no controlo do treino e do resultado desportivo (Ribeiro, 2007), para além de inevitável quando se pretende utilizar um grupo de controlo para avaliar e controlar os efeitos do crescimento e maturação (Baquet *et al.*, 2003).

Após as escolhas dos testes a aplicar, foi necessário constituir a amostra de participantes no estudo. Nesse sentido, foram elaboradas cartas para os clubes (Anexo 1) com o intuito de ter acesso ao grupo experimental, ou seja, às crianças e adolescentes praticantes de natação federada (grupo de natação). Por outro lado, foi fundamental procurar elementos que não praticassem qualquer modalidade de forma formal, para fazerem parte do grupo de controlo, sendo, para isso, contactadas as escolas do concelho

de Rio Maior. A todos os pais e elementos da amostra foi enviada uma carta de consentimento (Jago & Bailey, 2001; Flewitt, 2005; Balen *et al.*, 2006; Hebestreit & Beneke, 2008; Winter & Cobb, 2008; Mortari & Harcourt, 2012) e assentimento (Jago & Bailey, 2001; Flewitt, 2005; Harcourt & Conroy, 2005; Balen *et al.*, 2006; Mortari & Harcourt, 2012) para participação no estudo (Anexo 2 e 3), onde se informavam os objetivos, tal como a explicação dos procedimentos e dos testes que se iriam realizar (Malina *et al.*, 2004; Brown *et al.*, 2006; Heyward, 2006; Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008; Hebestreit & Beneke, 2008; Ehrman, 2009).

Previamente, foi essencial preparar e testar devidamente todos os instrumentos, programas (*softwares*), procedimentos inerentes ao estudo e a preparação dos elementos da amostra (Fuller & Thomas, 2013), através da realização de estudos prévios. A sua concretização permitiu detetar erros, escolher os procedimentos mais adequados, os instrumentos, os testes e fundamentalmente ganhar experiência para posteriormente iniciar as recolhas propriamente ditas para a realização do estudo projetado.

Após estar definida a metodologia experimental, foi elaborado um cronograma temporal relativo aos momentos de recolha, enquadrado com as disponibilidades de utilização do laboratório da ESDRM, e dos elementos da amostra, considerando que estes tiveram que se deslocar às instalações da ESDRM. Todos os participantes foram avaliados em dois momentos de recolha, designadamente no momento de avaliação 1 (MA1) e momento de avaliação 2 (MA2). Os testes decorreram entre Dezembro de 2012 e Julho de 2013.

Ao longo deste capítulo descrevemos os procedimentos metodológicos utilizados no processo de estudo do problema, designadamente: o desenho experimental do estudo e os critérios de seleção da amostra; a definição das hipóteses e das variáveis; os protocolos e instrumentos utilizados; os procedimentos experimentais; o processamento dos dados; e os procedimentos estatísticos.

3.2. Desenho experimental e escolha da amostra do estudo

Pretendeu-se realizar uma caracterização morfológica e bioenergética do grupo de natação, em ambos os sexos e em diferentes níveis de maturação, em dois momentos

ao longo de uma época desportiva (MA1 e MA2), avaliando variáveis morfológicas e maturacionais, de aptidão aeróbia e de aptidão anaeróbia recorrendo a testes de laboratório. O grupo de crianças e adolescentes não praticantes de qualquer modalidade desportiva, pertencente ao grupo de controlo, foi avaliado nos mesmos períodos que o grupo de natação, com a utilização dos mesmos testes de laboratório. Ao longo do estudo, os nadadores, pertencentes ao grupo de natação, estiveram envolvidos em sessões de treino de natação pura desportiva, nos respetivos clubes, podendo em alguns casos não ser o mesmo em todos os subgrupos, daí a necessidade de controlar o volume e a intensidade do treino. Salientar que não se verificou uma intervenção no processo de treino, tendo o volume e intensidade do treino sido inteiramente da responsabilidade dos respetivos treinadores.

A Tabela 11 apresenta o desenho experimental do estudo, nomeadamente o facto de ter sido desenvolvido sobre uma metodologia quase-experimental e de grupos não equivalentes, uma vez que decorre de múltiplas observações e a amostra não é representativa da população (Trochim, 2006).

Tabela 11: Desenho experimental do estudo.

Sexo	Maturação	Grupo	MA1	Fator Tempo	MA2
Masculino	Pré-púberes	N	O	X	O
		C	O		O
	Púberes	N	O	X	O
		C	O		O
Feminino	Pré-púberes	N	O	X	O
		C	O		O
	Púberes	N	O	X	O
		C	O		O

Nota: MA1 – momento de avaliação 1; MA2 – momento de avaliação 2; N – grupo de natação; C – grupo de controlo; O – observação; X – período de tempo entre o momento de avaliação 1 e o momento de avaliação 2 (treino no grupo de natação e não treino no grupo de controlo).

Segundo Trochim (2006), este tipo de desenho experimental apresenta algumas ameaças à validade interna do estudo, principalmente quanto à seleção da amostra. Posto isto, foi fundamental a criação de critérios de inclusão e de exclusão no estudo.

Crítérios de inclusão no grupo de natação:

- 2 anos de experiência de treino e competição;
- Praticante federado de natação pura desportiva;

- Nível clube, regional ou nacional.

Critérios de exclusão no grupo de natação:

- Não cumprir 90% do volume de treino da modalidade de natação pura desportiva;
- Não realização do MA2.

Critérios de inclusão no grupo de controlo:

- Não praticante de qualquer modalidade desportiva;
- Não ter praticado qualquer modalidade desportiva no ano letivo (ou época desportiva) anterior.

Critérios de exclusão no grupo de controlo:

- Iniciar a prática desportiva durante o período de estudo;
- Iniciar atividades físicas que envolvam uma participação semanal superior a 3 horas;
- A não realização do MA2.

Os estudos quase-experimentais e de grupos não equivalentes, com pelo menos dois momentos de recolha, encontram-se sujeitos à “mortalidade” da amostra, entendida como o abandono do estudo (Trochim, 2006). De forma a não causar ameaças à validade interna, os elementos da amostra que após o MA1 apresentassem algum critério de exclusão, eram retirados do estudo.

Assim, nas recolhas iniciais participaram 47 nadadores provenientes de 3 clubes de natação (2 do distrito de Santarém e 1 do distrito de Leiria), sendo 25 do sexo masculino e 22 do sexo feminino, e 43 crianças e adolescentes referentes ao grupo de controlo, sendo 24 rapazes e 19 raparigas. Um dos clubes abandonou o estudo devido a não ter disponibilizado todos os atletas nos momentos de avaliação definidos e 4 dos seus atletas (2 nadadores e 2 nadadoras) que realizaram o MA1 não efetuaram o MA2 e foram excluídos do estudo. No segundo clube, 1 nadador abandonou a natação e não realizou o MA2, e 4 nadadoras abandonaram o estudo (2 tiveram lesões ao longo da época e não cumpriram a percentagem definida relativamente ao volume de treino da modalidade de natação pura desportiva e 2 foram de férias logo após o término da época e não realizaram o MA2). No terceiro clube, apenas 2 nadadores não compareceram para a realização do MA2. Quanto ao grupo de controlo, 4 rapazes não realizam o MA2 (1 no teste inicial verificou-se uma falha na transmissão dos dados no

teste de aptidão aeróbia, 1 iniciou a prática desportiva formal numa modalidade, e 2 não tiveram disponibilidade para a realização do MA2), e 3 raparigas não conseguiram efetuar o MA2 nas datas indicadas para a sua realização.

Após a aplicação dos critérios de exclusão, foram selecionadas 36 crianças e adolescentes praticantes da modalidade de natação pura desportiva (provenientes de 2 clubes integrados na Associação de Natação do Distrito de Santarém), dos quais 10 crianças pré-púberes do sexo masculino (NMPRE), 6 crianças pré-púberes do sexo feminino (NFPRE), 10 jovens púberes do sexo masculino (NMPUB) e 10 jovens púberes do sexo feminino (NFPUB). Quanto à experiência de treino e competição foi de $2 \pm 0,32$ anos no subgrupo NMPRE, $2 \pm 0,41$ anos no subgrupo NFPRE, $4 \pm 1,25$ anos no subgrupo NMPUB e $3 \pm 0,48$ anos no subgrupo NFPUB. O volume de treino semanal foi aproximadamente de 12500 ± 4800 m no subgrupo NMPRE (4 ± 1 sessões de treino), 10200 m no subgrupo NFPRE (4 ± 0 sessões de treino), 24800 ± 9150 m no subgrupo NMPUB (6 ± 1 sessões de treino), e 14800 ± 3650 no subgrupo NFPUB (5 ± 1 sessões de treino). Os subgrupos NMPRE e NFPRE cumpriram cerca de 98% de treino aeróbio e cerca de 2% de potência ou capacidade anaeróbia aláctica, enquanto os subgrupos NMPUB e NFPUB realizaram cerca de 95% de treino aeróbio, 2% de potência ou capacidade láctica e 3% de potência e capacidade aláctica. O período entre os momentos de avaliação foi semelhante nos dois grupos, nomeadamente de 181 ± 11 dias no grupo de natação e de 178 ± 8 dias no grupo de controlo.

O grupo de controlo foi constituído por 36 crianças e adolescentes não praticantes de nenhuma modalidade desportiva, dos quais 10 crianças pré-púberes do sexo masculino (CMPRE), 6 crianças pré-púberes do sexo feminino (CFPRE), 10 jovens púberes do sexo masculino (CMPUB) e 10 jovens púberes do sexo feminino (CFPUB).

Todos os pais assinaram uma carta de consentimento aceitando a participação dos seus educandos no estudo, tendo entendido e concordado com os objetivos, procedimentos e testes a realizar (e.g., Winter & Cobb, 2008). Todos os participantes foram voluntários, dando o seu assentimento para a participação no estudo (e.g., Jago & Bailey, 2001), em ambos os momentos de avaliação (Flewitt, 2005).

Segundo Trochim (2006), o facto de a amostra ser não probabilística possui limitações quanto à validade externa do estudo, ou seja, à generalização dos resultados

para a população (para todas as crianças e adolescentes praticantes de natação ou não praticantes de nenhuma modalidade desportiva, para outros contextos e para outros momentos).

3.3. Definição das hipóteses

A definição das hipóteses do estudo surge após a escolha dos objetivos no capítulo I e fundamentada na revisão da literatura no capítulo II. A análise do “estado da arte” até ao momento permite definir as seguintes hipóteses:

H1 – Existem diferenças estatisticamente significativas nos fatores Tempo, Sexo, Grupo e Maturação, nas variáveis morfológicas avaliadas;

As características morfológicas, como a altura e o peso, deverão ser significativamente superiores no sexo masculino e nos participantes púberes (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Claessens *et al.*, 2008; Beunen & Malina, 2008; Malina & Beunen, 2008). Diversos autores identificaram valores inferiores de percentagem de MG em crianças e adolescentes atletas (Malina, 1989; Jolliffe & Janssen, 2006; Baker, Olsen & Sorensen, 2007; Strong *et al.*, 2005; Malina, 2009; Slater *et al.*, 2013), sendo esperados valores significativamente superiores no grupo de controlo, identificando diferenças entre os grupos. O fator Tempo deverá demonstrar alterações associadas ao normal crescimento das crianças e jovens (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007).

H2 – Existem diferenças estatisticamente significativas nos fatores Tempo, Sexo, Grupo e Maturação na PA;

O PVO₂ deverá ser significativamente superior nos púberes, no sexo masculino (Armstrong & Welsman, 1994; Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong *et al.*, 2008, 2011; Armstrong, 2014). Por outro lado, o PVO_{2rel} não deverá comprovar essas diferenças, contudo, é espetável que o grupo de natação apresente valores significativamente superiores (Armstrong & Davies, 1981; Armstrong *et al.*, 1983; McNarry *et al.*, 2011a). O fator Tempo deverá evidenciar melhorias no PVO₂ no grupo

de natação, tendo em consideração as características do treino da modalidade no que diz respeito ao volume, intensidade e frequência (Baquet *et al.*, 2003; Sperlich *et al.*, 2010; Armstrong *et al.*, 2011; Armstrong & Barker, 2011).

H3 – Existem diferenças estatisticamente significativas nos fatores Tempo, Sexo, Grupo e Maturação na PAn e na CAn;

De acordo com diversos autores (Inbar & Bar-Or, 1986; Blimkie *et al.*, 1988; Inbar *et al.*, 1996; Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Welsman & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Van Praagh, 2008), as variáveis PP e MP deverão aumentar com a idade. As diferenças entre os sexos são diminutas nos pré-púberes, contudo, amplificam-se durante a adolescência (Welsman & Armstrong, 2007). É sugerido que as variáveis PP_{rel} e MP_{rel} são significativamente superiores em nadadores púberes do sexo masculino comparativamente com o sexo feminino, bem como significativamente superiores em nadadores púberes comparando com nadadores pré-púberes, em ambos os sexos (Ribeiro, 2007). Alguns estudos encontraram melhorias no WAnT após diversos tipos de treino (Grodjinovsky *et al.*, 1980; Rotstein *et al.*, 1986; McManus *et al.* 1997; Ingle *et al.*, 2006), contudo, os ganhos são pouco significativos principalmente nos pré-púberes (Baxter-Jones & Mundt, 2007; Tolfrey, 2007; Van Praagh, 2008).

H4 – Não existe especialização metabólica nos fatores Tempo, Sexo, Grupo e Maturação.

A literatura disponível sugere que as crianças pré-púberes (Bar-Or, 1983; Rotstein, Dotan, Bar-Or, & Tenenbaum, 1986; Falgairette *et al.*, 1993; Falk & Bar-Or, 1993; Prasad *et al.*, 1995; Murphy, 2001; Bloxham *et al.*, 2001, 2005), mas, também os adolescentes (Falk & Bar-Or, 1993), não praticantes de qualquer modalidade desportiva, não apresentam especialização metabólica, em esforços tipicamente aeróbios ou anaeróbios. Em atletas o conhecimento é semelhante em praticantes pré-púberes da modalidade de natação (Bar-Or, 1983; Falgairette *et al.*, 1993), contudo, pouco se sabe sobre atletas pré-púberes femininas e púberes de ambos os sexos.

3.4. Definição das variáveis

3.4.1. Variáveis independentes

- Sexo (masculino e feminino);
- Grupo (grupo de natação e grupo de controlo);
- Maturação (pré-púberes e púberes).

3.4.2. Variáveis dependentes

- Características morfológicas;
- Aptidão aeróbia;
- Aptidão anaeróbia.

3.5. Protocolos e instrumentos utilizados

3.5.1. Antropometria

Na avaliação antropométrica da amostra, foram utilizados os protocolos propostos pela *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK), descritos por Fragoso & Vieira (2011). No anexo 4, encontra-se o protocolo e a descrição dos procedimentos metodológicos adotados para a avaliação de cada variável antropométrica (Eston, Hawes, Martin, & Reilly, 2009; Fragoso & Vieira, 2011; Stewart, Marfell-Jones, Olds, & De Ridder, 2011; Slater *et al.*, 2013).

As variáveis avaliadas e os respetivos instrumentos utilizados foram os seguintes:

- Altura – Estadiómetro Seca (Hamburgo, Alemanha);
- Peso – Balança *Tanita* com Bioimpedância Tetrapolar BC558 (Japão)
- Pregas de adiposidade subcutânea – Adipómetro *Slim Guide* (Canadá).

3.5.2. Maturação

A avaliação da maturação biológica dos participantes, através de autoavaliação, foi efetuada com base nos estádios de desenvolvimento da pilosidade púbica inicialmente descritos por Tanner (1962). O Anexo 5 apresenta as ilustrações esquemáticas e os critérios descritivos para cada estágio (adaptado de Malina *et al.*, 2004), para melhor compreensão e identificação por parte dos participantes.

3.5.3. Aptidão aeróbia

A Tabela 12 apresenta o protocolo de *Balke* adaptado para crianças e jovens, apresentando-se como um teste específico para avaliar a aptidão aeróbia de crianças e adolescentes na faixa etária estudada (Fernandes, 2006; Brown *et al.*, 2006; Heyward, 2006; Hebestreit & Beneke, 2008; Ehrman, 2009).

Este teste caracteriza-se por ser progressivo, por níveis e sem intervalo, sendo um teste máximo (Heyward, 2006). Para a realização deste teste foi utilizada a passadeira rolante *Technogym Runrace Treadmill HC1200* (Itália).

Tabela 12: Protocolo de Balke adaptado para crianças e jovens (Fernandes, 2006; Brown *et al.*, 2006; Heyward, 2006; Ehrman, 2009).

Nível	Velocidade (km·h ⁻¹)	Inclinação (%)	Duração (min)
Aquecimento	3	0	3
1	6	4	2
2	8	6	2
3	10	8	2
4	12	10	2
5	14	12	2
Recuperação ativa	3	0	3

Nota: km – quilómetro; h – hora; % – percentagem; min – minutos.

Durante a realização do teste, o consumo de O₂ foi avaliado através do analisador de gases, respiração-a-respiração, *Cosmed K4b²* (Roma, Itália). Os dados foram recolhidos para um computador (Asus X52J), e processados através do programa *Cosmed K4b²*, versão 9.1b. Este programa permitiu extrair todos os dados referentes às

variáveis necessárias ao estudo da aptidão aeróbia, nomeadamente: PRF ($\text{ciclos} \cdot \text{min}^{-1}$); PTV (L); PV_E ($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$); PVO_2 ($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$); $\text{PVO}_{2\text{rel}}$ ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$); PRER, PHR ($\text{bts} \cdot \text{min}^{-1}$); PQ ($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$); PSV (mL). A frequência cardíaca foi recolhida através do cardiofrequencímetro *Polar S 610ws* (Finlândia).

A Figura 7 identifica a passadeira rolante utilizada para a realização do teste de aptidão aeróbia (*Technogym Runrace Treadmill HC1200*, Itália) e na Figura 8 encontra-se um dos elementos da amostra durante a realização do protocolo de *Balke* adaptado para crianças e jovens com a utilização do analisador de gases *Cosmed K4b²* (Roma, Itália).



Figura 7: Passadeira rolante utilizada para a realização do teste de aptidão aeróbia (*Technogym Runrace Treadmill HC1200*, Itália).



Figura 8: Realização do protocolo de *Balke* adaptado para crianças e jovens, com a utilização do analisador de gases *Cosmed K4b²* (Roma, Itália), por um dos elementos da amostra.

3.5.4. Aptidão anaeróbia

O WAnT tem sido um dos mais utilizados e recomendados para avaliar a potência anaeróbia em crianças e jovens (Inbar *et al.*, 1996; Chia, 2000; Armstrong *et al.*, 2001; Welsman & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Van Praagh, 2008; McNarry & Jones, 2014), em diversas modalidades desportivas (McNarry, Welsman, & Jones, 2011c; Carvalho *et al.*, 2011; Rebelo-Gonçalves *et al.*, 2014).

Na Tabela 13 consta o protocolo utilizado na realização do WAnT, de acordo com as recomendações de Inbar *et al.* (1996).

Tabela 13: Protocolo do teste anaeróbio *Wingate* (adaptado de Inbar *et al.*, 1996).

Fase	Duração	Resistência	Descrição
Aquecimento	3 min	0	Execução num ritmo ligeiro, mas com 2 picos de 5 s de duração aos 60 e aos 120 s)
Pausa	1 min	----	Período de inatividade
WAnT	30 s	0,74 N·kg ⁻¹	Realizado à máxima velocidade
Recuperação ativa	3 min	0	Execução num ritmo ligeiro

Nota: WAnT – teste anaeróbio *Wingate*; min – minuto; s – segundo; N – newton; kg – quilograma.

Para o cálculo da resistência a aplicar foi usado o valor estandardizado de 0,74 N·kg⁻¹, tal como em diversos estudos de crianças e adolescentes (Docherty & Gaul, 1991; Falk & Bar-Or, 1993; McManus *et al.*, 1997; Sutton *et al.*, 2000; De Ste Croix *et al.*, 2001; Armstrong *et al.*, 2001; Bloxham *et al.*, 2005; Tomazin, Skof, Dolenec, & Coh, 2008; McNarry *et al.*, 2011c; McGawley *et al.*, 2012), em ambos os sexos.

O cicloergómetro utilizado para a recolha da aptidão anaeróbia foi o *Monark 839E* (Vansbro, Suécia), com recurso ao programa *Monark 839E Analysis Software*, versão 2.37. A frequência cardíaca foi recolhida com o cardiófrequencímetro *Polar S 610ws* (Finlândia). Para além destes dados, foi também recolhido o consumo de O₂ através do analisador de gases, respiração-a-respiração, *Cosmed K4b²* (Roma, Itália).

As variáveis recolhidas neste teste foram as seguintes: PP (W); PP_{rel} (W·kg⁻¹); AP (W); AP_{rel} (W·kg⁻¹); FI (%); PVO_{2w} (L·min⁻¹); PVO_{2relw} (mL·kg⁻¹·min⁻¹); PHR_w (bts·min⁻¹).

A Figura 9 exhibe o cicloergómetro utilizado para a realização do WAnT (*Monark 839E*, Vansbro, Suécia), enquanto a Figura 10 mostra um dos elementos da amostra durante a realização do protocolo de WAnT, com a utilização do analisador de gases *Cosmed K4b²* (Roma, Itália).



Figura 9: Cicloergómetro utilizado para a realização do teste anaeróbio Wingate (Monark 839E, Vansbro, Suécia).



Figura 10: Realização do protocolo do teste anaeróbio Wingate, com a utilização do analisador com utilização do analisador de gases Cosmed K4b² (Roma, Itália), por um dos elementos da amostra.

3.6. Procedimentos experimentais

As recolhas de dados foram realizadas no Laboratório de Investigação em Desporto (LID) da Escola Superior de Desporto de Rio Maior, com temperatura ambiente entre os 18 e os 23°C e humidade entre os 40 e os 60%, valores que se enquadram com os valores ideais segundo Gore *et al.* (2013). As recolhas foram realizadas à tarde, com toda a amostra, para minimizar as alterações circadianas na performance desportiva (Aitkinson & Reilly, 1996; Drust, Waterhouse, Atkinson, Edwards, & Reilly, 2005).

Antes da realização dos testes, foram dadas instruções aos participantes sobre os objetivos, os protocolos e os procedimentos experimentais, incluindo as regras de segurança, havendo também um período de habituação aos instrumentos (Malina *et al.*, 2004; Brown *et al.*, 2006; Heyward, 2006; Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008; Hebestreit & Beneke, 2008; Ehrman, 2009; Gore *et al.*, 2013). Os elementos da equipa de investigação incentivaram os participantes durante a realização dos testes, principalmente durante os últimos minutos (Malina *et al.*, 2004; Andreacci *et al.*, 2002; Inbar & Chia, 2008; Gore *et al.*, 2013), sendo um fator essencial para a obtenção do esforço máximo.

A sequência da recolha de dados foi a seguinte: antropometria, maturação, teste de aptidão aeróbia, e após 1 hora era realizado o teste de aptidão anaeróbia. O tempo entre a realização dos dois testes máximos foi o mesmo para todos os elementos da amostra, e de acordo com o estudo de Andreacci, Haile, & Dixon (2007), o que permitiu às crianças e adolescentes a realização do 2º teste sem que se verificassem efeitos de fadiga.

Seguidamente são descritos os procedimentos metodológicos adotados durante a realização dos testes.

3.6.1. Antropometria

Os participantes foram avaliados à chegada ao laboratório, à mesma hora do dia, e todas as recolhas foram realizadas pelo mesmo investigador, tendo sido avaliadas 3 vezes para cada variável, em que todas as medidas não ultrapassaram o limite de tolerância definido pelo ISAK (Fragoso & Vieira, 2011). Foi dada especial atenção à preparação do material e às condições ambientais, de forma a promover um espaço calmo e reservado para evitar o constrangimento das crianças e jovens, havendo constantemente diálogo individual no sentido de perceberem e saberem como iriam ser avaliados em cada variável antropométrica (Eston *et al.*, 2009). A sequência de recolha foi a seguinte: altura, peso e pregas adiposas.

3.6.2. Maturação

Após as medições antropométricas foi pedido aos participantes que referissem, através de auto-avaliação (Saito, 1984; Guimarães & Passos, 1997; Baxter-Jones, Eisenmann, & Sherar, 2005; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Malina & Beunen, 2008), o estágio maturacional em que se encontravam, após a visualização das imagens dos estádios de desenvolvimento da pilosidade púbica, nas raparigas e nos rapazes (Tanner, 1962).

Em alguns casos, sempre que os pais acompanhavam os participantes, era utilizado o mesmo procedimento numa entrevista entre os pais e um elemento da equipa de investigação (Sperlich *et al.*, 2010), onde procediam à avaliação do estágio de desenvolvimento da pilosidade púbica dos seus filhos.

3.6.3. Aptidão aeróbia

Para a utilização do analisador de gases, era inicialmente necessário um período de aquecimento de cerca de 45 minutos, antecedendo todas as sessões. Seguidamente e após cada utilização foram realizados os testes de calibração.

Os procedimentos de calibração do analisador de gases *Cosmed K4b²* (Roma, Itália), antes de cada teste foram os seguintes, de acordo com as orientações do fabricante:

- Calibração com ar ambiente (*Roam air*);
- Calibração com gás de referência (16% O₂ e 5% CO₂) (*Gas*);
- Calibração do tempo de transição do gás (*Delay*);
- Calibração da turbina (com seringa de 3000ml) (*Turbine*).

Na realização do teste de *Balke* adaptado para crianças e jovens foram utilizados os seguintes procedimentos (Fernandes, 2006; Brown *et al.*, 2006; Heyward, 2006; Hebestreit & Beneke, 2008; Ehrman, 2009):

1. Colocação do cardiofrequencímetro no peito do participante;
2. Colocação do suporte para o *Cosmed K4b²* (Roma, Itália) no participante, bem como o suporte para a máscara;
3. Colocação da máscara (era escolhido o tamanho adequado a cada participante);
4. Colocação dos dados dos sujeitos no programa *Cosmed K4b²*, versão 9.1b, e diretamente no analisador de gases *Cosmed K4b²* (Roma, Itália);
5. Escolha da telemetria para transmissão dos dados para o programa *Cosmed K4b²*, versão 9.1b;

6. Explicação do funcionamento da passadeira rolante, nomeadamente a regulação da velocidade e da inclinação, bem como das regras de segurança e sinais que eram transmitidos entre investigadores e participantes para conhecer o estado de fadiga;
7. Explicação do protocolo e adaptação do sujeito à passadeira rolante;
8. Início do teste seguindo o protocolo escolhido, no qual era aumentado progressivamente a velocidade e a inclinação da passadeira rolante;
9. No final de cada patamar era colocada uma marca no programa *Cosmed K4b²*, versão 9.1b, para posteriormente tratamento dos dados e conhecimento da fase em que os dados foram recolhidos;
10. Registo contínuo das variáveis estudadas através da transmissão dos dados para o *software* utilizado;
11. Os critérios utilizados para a garantia da obtenção do PVO_2 e consequente término do teste foi atingir um ou mais dos seguintes critérios (Malina *et al.*, 2004; Dencker *et al.*, 2008; Fawcner & Armstrong, 2007; Armstrong & Welsman, 2008; Armstrong *et al.*, 2008; Hebestreit & Beneke, 2008; Gore *et al.*, 2013):
 - a. Exaustão do participante (não conseguir suportar a cadência apesar do contínuo encorajamento por parte do investigador);
 - b. Caso não se verifique um aumento superior a $2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ no VO_2 apesar do aumento da carga, assumia-se o fenómeno de *plateau*;
 - c. um quociente respiratório $\geq 1,00$;
 - d. atingir a frequência cardíaca máxima estimada (a fórmula utilizada foi a de Tanaka *et al.* (2001), $208 - (\text{idade} \times 0,7)$);
 - e. Existir algum sinal fisiológico que justificasse a interrupção.
12. A recuperação era feita à velocidade do aquecimento e continuavam a ser recolhidos os dados durante 3 minutos, sendo colocadas as marcas no programa *Cosmed K4b²*, versão 9.1b, para conhecimento da fase de recuperação;
13. Retirar equipamento dos participantes;
14. Desinfecção do material (máscaras e cardiofrequencímetro).

3.6.4. Aptidão anaeróbia

Antes de cada sessão de recolhas era feita a calibração do cicloergómetro *Monark 839E* (Vansbro, Suécia) de acordo com as orientações do fabricante.

Na realização do WAnT com o trem inferior, em termos sequenciais, os procedimentos foram os seguintes (de acordo com o protocolado em Inbar *et al.*, 1996):

1. Calibração do cicloergómetro *Monark 839E* (Vansbro, Suécia);
2. Cálculo da carga a aplicar em função do peso do participante;
3. Colocação do cardiófrequencímetro no peito do elemento da amostra;
4. Seguir os procedimentos descritos anteriormente para a utilização do *Cosmed K4b²* (Roma, Itália);
5. Explicação do protocolo, regulação da altura do cicloergómetro *Monark 839E* (Vansbro, Suécia) e adaptação do sujeito ao cicloergómetro;
6. Início do teste seguindo o protocolo escolhido. No final de cada fase era colocada uma marca para posteriormente tratamento dos dados e conhecimento da fase em que os dados eram recolhidos;
7. Registo contínuo das variáveis estudadas através da transmissão dos dados para o *software* utilizado (programa *Monark 839E Analysis Software*, versão 2.37);
8. Durante a pausa, após o aquecimento e antecedendo o WAnT, no programa era escolhido o teste manual e aplicação da carga adequada a cada participante;
9. Após o término do teste, era feita a recuperação ativa à intensidade do aquecimento e continuavam a ser recolhidos os dados durante 3 minutos, sendo colocadas as marcas no programa *Cosmed K4b²*, versão 9.1b, para conhecimento da fase de recuperação;
10. Retirar equipamento do participante;
11. Desinfecção do material (máscara e cardiófrequencímetro).

3.7. Processamento dos dados

3.7.1. Processamento das variáveis antropométricas

As variáveis morfológicas para além de permitirem conhecer a altura e o peso, possibilitaram estimar o IMC e a percentagem de MG de cada participante. O IMC foi calculado dividindo o peso (kg), pela altura (m) elevada ao quadrado.

A percentagem de MG foi determinada através das equações propostas por Deurenberg *et al.* (1990), que se encontram na Tabela 14, tendo em consideração o sexo e o estágio maturacional de cada participante. A utilização dessas equações tinha como pressuposto a avaliação das pregas bicipital (BIC), tricipital (TRI), subescapular (SBS) e suprailíaca (SIL).

Tabela 14: Equações de predição da percentagem de massa gorda em crianças e adolescentes do sexo masculino e feminino (Deurenberg *et al.*, 1990).

Sexo	Maturação	Equação
Masculino	Pré-púberes	$\%MG = 26,56 \log_{10} (BIC+TRI+SBS+SIL) - 22,23$
	Púberes	$\%MG = 18,7 \log_{10} (BIC+TRI+SBS+SIL) - 11,91$
Feminino	Pré-púberes	$\%MG = 29,85 \log_{10} (BIC+TRI+SBS+SIL) - 25,87$
	Púberes	$\%MG = 23,94 \log_{10} (BIC+TRI+SBS+SIL) - 18,89$

Nota: %MG – percentagem de massa gorda; log – logaritmo; BIC – prega bicipital; TRI – prega tricipital; SBS – prega subescapular; SIL – prega suprailíaca.

3.7.2. Processamento das variáveis recolhidas no teste de aptidão aeróbia

Os dados do teste de aptidão aeróbia foram recolhidos, por telemetria, para o computador. Através do programa *Cosmed K4b²*, versão 9.1b, os dados foram filtrados e realizada a média dos valores recolhidos em cada 15 segundos (Barker, Williams, Jones, & Armstrong, 2011; Barker, Day, Smith, Bond, & Williams, 2014), à exceção da variável PHR. Posteriormente, os dados foram exportados para o programa *Microsoft Office Excel 2007*, onde foram verificados os valores máximos no teste para todas as variáveis selecionadas e escolhidos para análise (Armstrong & Welsman, 2008).

A Figura 11 apresenta um exemplo de um teste realizado por um participante no estudo, nomeadamente o gráfico do VO_2 e da frequência cardíaca ao longo dos diversos patamares, obtido através do programa *Cosmed K4b²*, versão 9.1b.

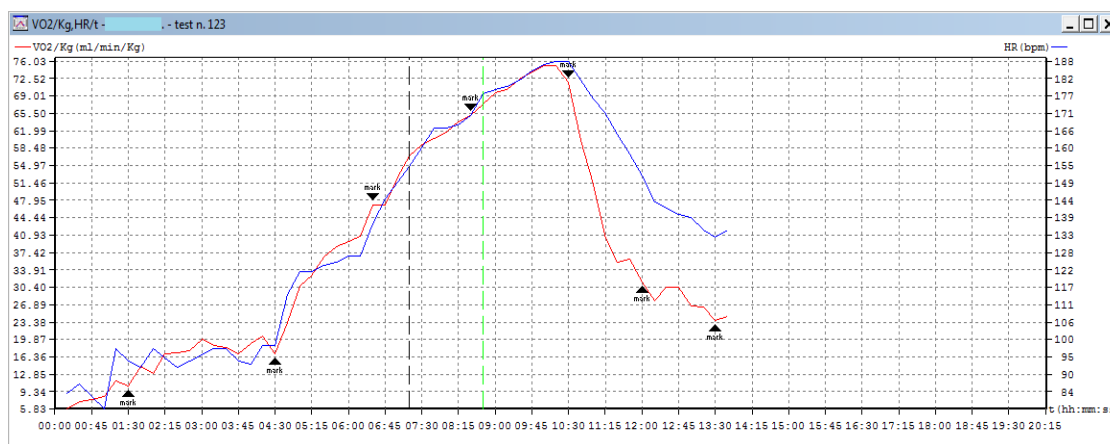


Figura 11: Gráfico do VO_2 e da frequência cardíaca de um participante do estudo durante a realização do teste de *Balke* adaptado para crianças e jovens.

3.7.3. Processamento das variáveis recolhidas no teste de aptidão anaeróbia

Os dados do WAnT foram transmitidos para o computador (Sony Vaio) através do cicloergómetro *Monark 839E* (Vansbro, Suécia), utilizando o programa *Monark 839E Analysis Software*, versão 2.37. Depois, os dados foram exportados para o programa *Microsoft Office Excel 2007*, tendo as variáveis seleccionadas para análise sido calculadas da seguinte forma, de acordo com Chia & Armstrong (2007):

- PP (W) – pico de potência mecânica gerado no teste é o valor máximo, em watts, geralmente conseguido por volta dos 5 segundos. É também apresentado em termos relativos (PP_{rel}), dividindo o PP pelo peso corporal ($\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$);
- MP (W) – é a média dos valores de potência mecânica obtidos durante os 30 segundos do teste. É também apresentado em termos relativos (MP_{rel}), dividindo o MP pelo peso corporal ($\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$);

- FI (W) – índice de fadiga corresponde à perda de potência ao longo do teste como percentagem do PP, sendo calculado através da fórmula $((PP - \text{menor valor de potência mecânica gerado no teste}) / PP) \times 100$.

Todas as variáveis do WAnT foram calculadas no programa *Microsoft Office Excel* 2007, através das respetivas funções:

- $PP = \text{MÁXIMO}(B3:B32);$
- $MP = \text{MÉDIA}(B3:B32);$
- $FI = ((B33-B32)/B33) \times 100.$

Na Figura 12 encontra-se um exemplo do cálculo das variáveis PP, MP e FI, através das fórmulas anteriormente enunciadas. Para além destas variáveis foram ainda recolhidas as variáveis PVO_{2W} ($L \cdot \text{min}^{-1}$), PVO_{2relW} ($mL \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) e PHR_W ($\text{bts} \cdot \text{min}^{-1}$). A Figura 13 apresenta um exemplo de um teste realizado por um participante no estudo, nomeadamente o gráfico do VO_2 e da frequência cardíaca ao longo da aplicação do protocolo do WAnT, obtido através do programa *Cosmed K4b²*, versão 9.1b.

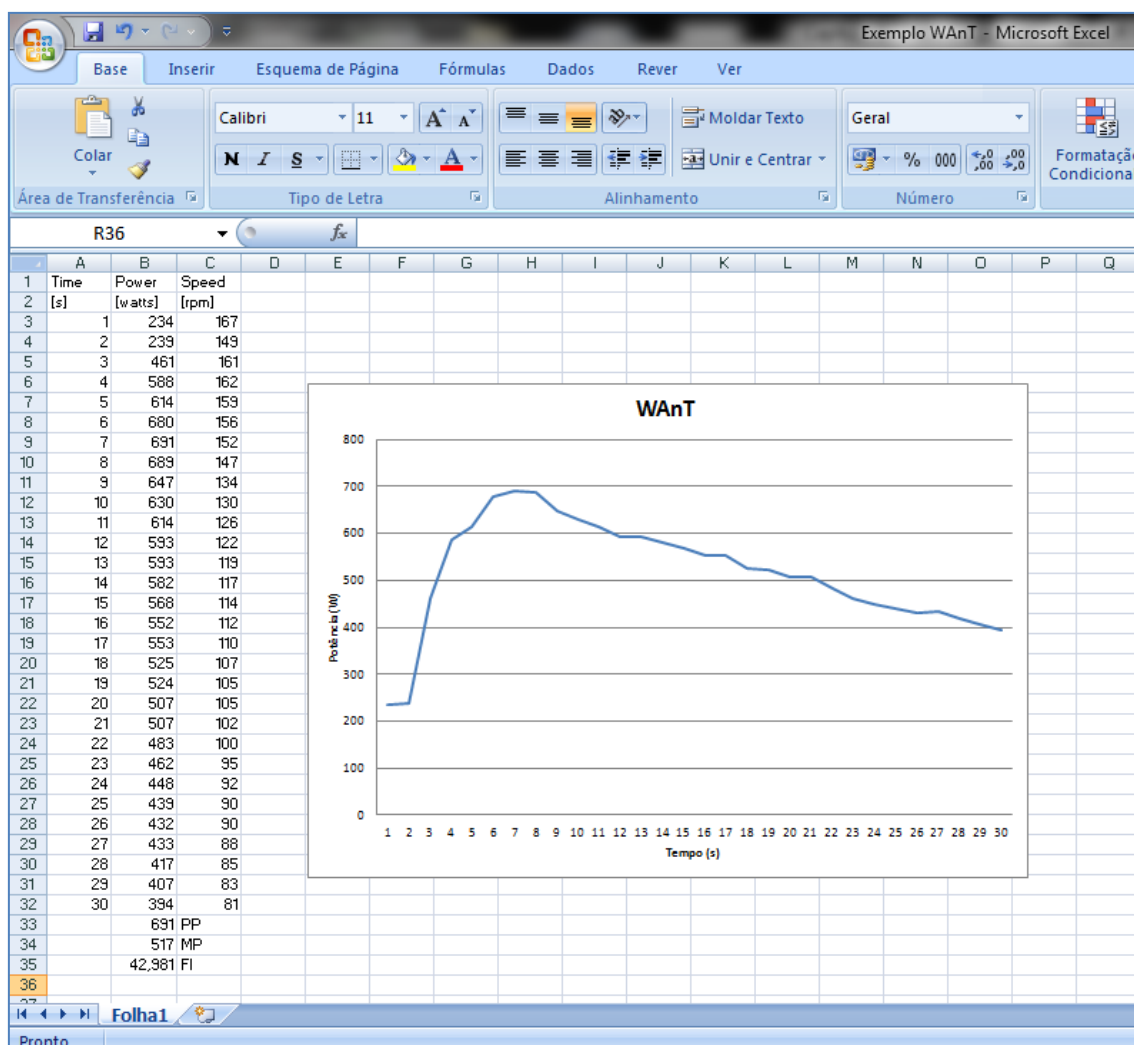


Figura 12: Cálculo das variáveis PP, MP e FI no programa *Microsoft Office Excel 2007*.

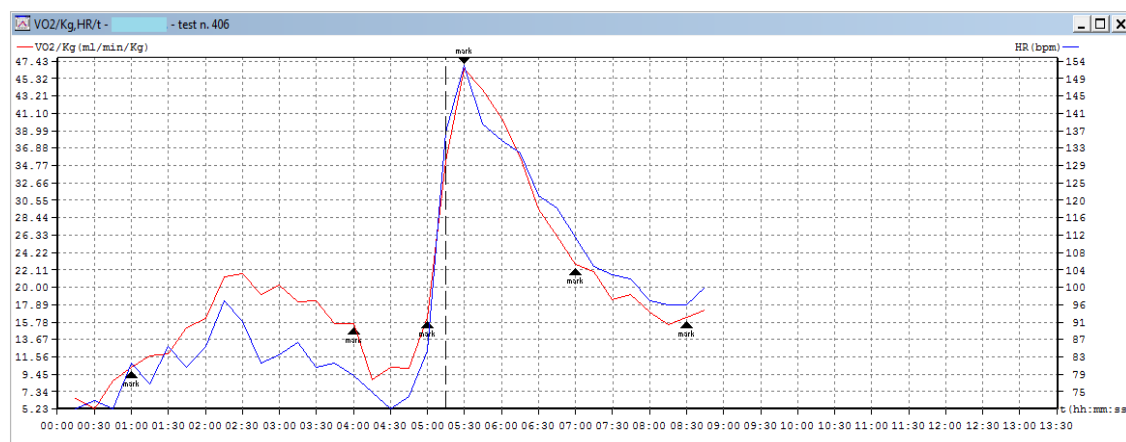


Figura 13: Gráfico do VO_2 e da frequência cardíaca de um participante do estudo durante a realização do teste anaeróbio *Wingate*.

3.8. Procedimentos estatísticos

No desenvolvimento do estudo, relativamente aos procedimentos estatísticos e apresentação dos resultados, consideramos as variáveis independentes como fatores, nomeadamente o Sexo (masculino e feminino), o Grupo (grupo de natação e grupo de controlo), a Maturação (pré-púberes e púberes). O fator Tempo refere-se ao período de tempo entre o MA1 e o MA2.

Para a apresentação e tratamento dos dados referentes às variáveis morfológicas e da aptidão aeróbia e anaeróbia, foi utilizada a estatística descritiva com o objetivo de caracterização dos grupos, encontrando-se os resultados apresentados de acordo com os parâmetros de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão). Para facilitar a caracterização da amostra no MA1, foi utilizada a análise de variância (ANOVA) univariada considerando os fatores definidos.

A análise estatística foi realizada com o programa *Statistical Package for Social Sciences* para *Windows*, versão 17.0, adotando um nível de significância de $p < 0,05$.

Para verificar o pressuposto da normalidade da globalidade da amostra foi aplicado o teste *Kolmogorov-Smirnov*, tendo sido assumida nas variáveis em estudo. Foi também avaliada a normalidade nos diversos subgrupos através do teste *Shapiro-Wilk*, tendo sido assumida a normalidade na generalidade dos subgrupos em análise.

Com o objetivo de comparar os diversos subgrupos no MA1 foi aplicada a análise de variância (*One-Way ANOVA*), com recurso ao *post-hoc Tukey HSD* sempre que a homogeneidade de variâncias era assumida através do teste de *Levene*. Nas variáveis em que não se verificou a homogeneidade de variâncias foi utilizado o *post-hoc Dunnett's T3*.

Para verificar as diferenças em cada subgrupo, entre o MA1 e o MA2, foi utilizada a técnica estatística *Paired-Samples t-Test*.

A análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas foi utilizada de forma a identificar as relações de interação entre os fatores definidos (Tempo, Sexo, Grupo e Maturação). Nesta técnica, foi cumprido o pressuposto de esfericidade segundo o *Épsilon* de *Huynh-Feldt* (1976).

Para correlacionar as variáveis de aptidão aeróbia com as variáveis de aptidão anaeróbia foi utilizado o coeficiente de correlação de *Pearson*.

Capítulo IV

Apresentação dos Resultados

4.1. Introdução

Neste capítulo pretende-se apresentar os resultados obtidos no presente estudo, relativos aos dois momentos de avaliação, tendo em consideração os objetivos definidos, ou seja, inicialmente é apresentada a caracterização e comparação morfológica e maturacional, seguidamente a caracterização e comparação da aptidão aeróbia e da aptidão anaeróbia, e por último, são apresentados os resultados que dizem respeito à especialização metabólica.

No desenvolvimento da apresentação dos resultados, para todas as análises descritas anteriormente, inicialmente é apresentada uma caracterização geral da amostra no MA1, e posteriormente são evidenciadas as comparações entre os diversos subgrupos no MA1, apontando as diferenças estatisticamente significativas.

De seguida, são descritas as alterações entre os dois momentos de avaliação (entre o MA1 e o MA2), analisando os efeitos do treino no grupo de natação e não treino no grupo de controlo, isto é, considerando o fator Tempo.

Por fim, são realizadas as análises das interações entre o fator Tempo e as variáveis independentes (Sexo, Grupo e Maturação), com a finalidade de averiguar de que forma as alterações nas variáveis dependentes, entre o MA1 e o MA2, interagem com as variáveis Sexo, Grupo ou Maturação.

Na análise da especialização metabólica são apresentadas as correlações entre os resultados do teste da aptidão aeróbia e da aptidão anaeróbia, nos diversos subgrupos e nos dois momentos de avaliação.

4.2. Caracterização e comparação morfológica e maturacional

4.2.1. Caracterização geral da amostra no momento de avaliação 1

Quanto à caracterização geral da amostra no MA1, ambos os grupos, de natação e de controlo, apresentaram valores médios de idades de 11,4 anos. No sexo masculino a média de idades foi de 12 anos, especificamente de 10,4 nos pré-púberes (NMPRE e CMPRE) e de 13,6 nos púberes (NMPUB e CFMUB). Relativamente ao sexo feminino

a média de idades foi de 10,7 anos, designadamente 9,8 anos nas pré-púberes (NFPRE e CFPRE) e de 11,3 nas púberes (NFPUB e CFMUB).

O grupo de natação apresentou um valor médio de altura de 151,7 cm, enquanto no grupo de controlo foi de 151,1 cm. Os participantes do sexo masculino apresentaram um valor médio de 154,5 cm, sendo que nos pré-púberes foi de 143,8 cm e nos púberes de 165,3 cm. O sexo feminino apresentou um valor médio de 147,5 cm, especificamente de 141,1 cm nas pré-púberes e de 151,4 cm nas púberes.

O grupo de natação apresentou um valor médio de peso (44,4 kg) inferior ao grupo de controlo (49,3 kg). No sexo masculino o peso médio foi de 52 kg, nomeadamente de 42 kg nos pré-púberes e de 62 kg nos púberes. No sexo feminino o valor médio foi de 40,5 kg, especificamente de 35,1 kg nas pré-púberes e de 43,7 kg nas púberes.

Relativamente à variável IMC, o valor médio do grupo de natação e de controlo foi de 18,9 e 21,3 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, respetivamente. Nos participantes do sexo masculino observou-se um valor médio de 21,4 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, sendo que nos pré-púberes foi de 20,1 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ e nos púberes de 22,7 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$. O sexo feminino apresentou um valor médio de 18,4 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, nomeadamente de 17,5 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ nas pré-púberes e de 19 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ nas púberes.

Quanto à composição corporal, o valor médio de MG do grupo de natação foi de 17,8%, enquanto no grupo de controlo foi de 21,9%. Os participantes do sexo masculino apresentaram um valor médio de 20,2%, sendo que nos pré-púberes foi de 20,8% e nos púberes de 19,7%. O sexo feminino apresentou um valor médio de 19,3%, especificamente de 19,6% nas pré-púberes e de 19,2% nas púberes.

O valor médio do nível maturacional em ambos os grupos, de natação e de controlo, foi de 2,4. No sexo masculino a média foi de 2,3, concretamente de 1 nos pré-púberes e de 3,6 nos púberes. Relativamente ao sexo feminino o valor médio foi de 2,5, nomeadamente de 1 nas pré-púberes e de 3,5 nas púberes.

4.2.2. Comparação dos diversos subgrupos no momento de avaliação 1

Através da análise das características morfológicas e maturacionais dos diversos subgrupos no MA1 (Tabela 15), constataram-se diferenças estatisticamente

significativas nas variáveis idade ($F(7,64)=22,820$, $p<0,001$), altura ($F(7,64)=20,987$, $p<0,001$), peso ($F(7,64)=12,478$, $p<0,001$), IMC ($F(7,64)=5,864$, $p<0,001$), MG ($F(7,64)=5,072$, $p<0,001$) e índice de Tanner ($F(7,64)=103,847$, $p<0,001$).

Relativamente à variável idade, verificou-se um valor médio significativamente superior no subgrupo NMPUB comparativamente com os subgrupos NMPRE (13,5 vs. 10,4 anos, $p=0,001$), NFPRE (13,5 vs. 9,8 anos, $p<0,001$), NFPUB (13,5 vs. 11,3 anos, $p=0,025$), CMPRE (13,5 vs. 10,4 anos, $p=0,001$), CFPRE (13,5 vs. 9,8 anos, $p<0,001$) e CFPUB (13,5 vs. 11,2 anos, $p=0,019$). O subgrupo CMPUB também apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (13,6 vs. 10,4 anos, $p<0,001$), NFPRE (13,6 vs. 9,8 anos, $p<0,001$), NFPUB (13,6 vs. 11,3 anos, $p=0,002$), CMPRE (13,6 vs. 10,4 anos, $p<0,001$), CFPRE (13,6 vs. 9,8 anos, $p<0,001$) e CFPUB (13,6 vs. 11,2 anos, $p=0,002$). O subgrupo NFPUB apresentou um valor médio significativamente superior ao subgrupo CFPRE (11,3 vs. 9,8 anos, $p=0,002$), mas não significativamente superior ao subgrupo NFPRE (11,3 vs. 9,8 anos, $p=0,058$). O subgrupo CFPUB apresentou um valor médio significativamente superior ao subgrupo CFPRE (11,2 vs. 9,8 anos, $p=0,011$).

Relativamente à variável altura, o subgrupo NMPUB apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (166,9 vs. 142,3 cm, $p<0,001$), NFPRE (166,9 vs. 140,4 cm, $p<0,001$), NFPUB (166,9 vs. 152,7 cm, $p<0,001$), CMPRE (166,9 vs. 145,3 cm, $p<0,001$), CFPRE (166,9 vs. 141,8 cm, $p<0,001$) e CFPUB (166,9 vs. 150,0 cm, $p<0,001$). O subgrupo CMPUB também se apresentou significativamente superior aos subgrupos NMPRE (163,6 vs. 142,3 cm, $p<0,001$), NFPRE (163,6 vs. 140,4 cm, $p<0,001$), NFPUB (163,6 vs. 152,7 cm, $p=0,011$), CMPRE (163,6 vs. 145,3 cm, $p<0,001$), CFPRE (163,6 vs. 141,8 cm, $p<0,001$) e CFPUB (163,6 vs. 150,0 cm, $p=0,001$). Por sua vez, o subgrupo NFPUB apresentou um valor médio de altura significativamente superior aos subgrupos NMPRE (152,7 vs. 142,3 cm, $p=0,017$), NFPRE (152,7 vs. 140,4 cm, $p=0,014$) e CFPRE (152,7 vs. 141,8 cm; $p=0,041$).

A Tabela 15 apresenta os valores médios e desvios padrão das características morfológicas e maturacionais dos participantes no estudo, nos dois momentos de avaliação, bem como as diferenças estatisticamente significativas entre os subgrupos no MA1 e entre os dois momentos de avaliação (entre o MA1 e o MA2).

Tabela 15: Valores médios e desvios padrão das características morfológicas e maturacionais dos diversos subgrupos da amostra, nos dois momentos de avaliação.

Variáveis	Tempo	Grupo de Natação				Grupo de Controlo			
		NMPRE (n=10)	NFPRE (n=6)	NMPUB (n=10)	NFPUB (n=10)	CMPRE (n=10)	CFPRE (n=6)	CMPUB (n=10)	CFPUB (n=10)
Idade (anos)	MA1	10,4 ± 0,7*	9,8 ± 0,6*	13,5 ± 1,5*	11,3 ± 0,7*	10,4 ± 0,8*	9,8 ± 0,4*	13,6 ± 1,2*	11,2 ± 0,8*
	MA2	10,8 ± 1,0**	10,0 ± 0,9	14,1 ± 1,2**	11,9 ± 0,7**	10,5 ± 1,0	9,8 ± 0,4	13,9 ± 1,3	11,9 ± 0,7**
Altura (cm)	MA1	142,3 ± 7,6*	140,4 ± 3,9*	166,9 ± 8,5*	152,7 ± 5,4*	145,3 ± 5,9*	141,8 ± 5,5*	163,6 ± 6,8*	150,0 ± 6,8*
	MA2	144,1 ± 7,8**	142,2 ± 3,9**	170,4 ± 7,9**	155,1 ± 5,1**	147,1 ± 6,2**	143,7 ± 5,8**	166,3 ± 6,9**	152,2 ± 6,9**
Peso (kg)	MA1	36,9 ± 7,9*	33,0 ± 4,4*	56,8 ± 10,3*	46,4 ± 6,8*	46,9 ± 11,1*	37,2 ± 9,5*	67,3 ± 14,7*	41,1 ± 7,2*
	MA2	37,4 ± 7,4	33,7 ± 4,7	59,5 ± 10,0**	48,4 ± 7,4**	47,5 ± 11,2	38,9 ± 10,3**	68,9 ± 13,6	43,2 ± 7,7**
IMC (kg·m ⁻²)	MA1	18,0 ± 2,1*	16,7 ± 1,6*	20,3 ± 2,6	19,8 ± 2,3	22,2 ± 4,9	18,4 ± 4,0	25,1 ± 5,2*	18,2 ± 2,2*
	MA2	17,8 ± 1,8	16,6 ± 1,7	20,4 ± 2,4	20,1 ± 2,3	22,0 ± 4,8	18,7 ± 4,3	24,9 ± 4,6	18,5 ± 2,3**
MG (%)	MA1	16,8 ± 4,4*	16,5 ± 4,1*	16,9 ± 3,3*	20,5 ± 3,6	24,8 ± 4,4	22,7 ± 7,3	22,6 ± 3,2	17,9 ± 4,5*
	MA2	15,1 ± 3,4**	15,5 ± 4,5	15,2 ± 2,9**	18,6 ± 3,1**	24,8 ± 4,6	23,8 ± 8,3	22,3 ± 3,2	19,4 ± 4,9**
Índice de Tanner	MA1	1,0 ± 0,0*	1,0 ± 0,0*	3,6 ± 0,5*	3,4 ± 0,5*	1,0 ± 0,0*	1,0 ± 0,0*	3,5 ± 0,5*	3,5 ± 0,5*
	MA2	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	3,9 ± 0,3	3,7 ± 0,5	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	3,7 ± 0,5	3,7 ± 0,5

Nota: NMPRE – subgrupo de natação masculinos pré-púberes; NFPRE – subgrupo de natação femininos pré-púberes; NMPUB – subgrupo de natação masculinos púberes; NFPUB – subgrupo de natação femininos púberes; CMPRE – subgrupo de controlo masculinos pré-púberes; CFPRE – subgrupo de controlo femininos pré-púberes; CMPUB – subgrupo de controlo masculinos púberes; CFPUB – subgrupo de controlo femininos púberes; IMC – índice de massa corporal; MG – massa gorda; cm – centímetros; kg – quilogramas, m – metro; % percentagem; MA1 – momento de avaliação 1; MA2 – momento de avaliação 2.

* Indica diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no MA1 ($p \leq 0,05$); ** Indica diferenças estatisticamente significativas entre o MA1 e o MA2 ($p \leq 0,05$).

Ao examinar a variável peso, verificou-se que o subgrupo NMPUB apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (56,8 vs. 36,9 kg, $p=0,001$), NFPRE (56,8 vs. 33,0 kg, $p<0,001$), CFPRE (56,8 vs. 37,2 kg, $p=0,005$) e CFPUB (56,8 vs. 41,1 kg, $p=0,013$). O subgrupo CMPUB apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (67,3 vs. 36,9 kg, $p<0,001$), NFPRE (67,3 vs. 33,0 kg, $p<0,001$), NFPUB (67,3 vs. 46,4 kg, $p<0,001$), CMPRE (67,3 vs. 46,9 kg, $p<0,001$), CFPRE (67,3 vs. 37,2 kg, $p<0,001$) e CFPUB (67,3 vs. 41,1 kg, $p<0,001$).

Na variável IMC, apenas se verificaram diferenças no subgrupo CMPUB, que apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (25,1 vs. 18,0 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, $p=0,036$), NFPRE (24,9 vs. 16,7 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, $p=0,010$) e CFPUB (24,9 vs. 18,2 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, $p=0,041$).

Através da análise da variável MG, observaram-se diferenças estatisticamente significativas no subgrupo CMPRE, que apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (24,8 vs. 16,8 %, $p=0,002$), NFPRE (24,8 vs. 16,5 %, $p=0,010$), NMPUB (24,8 vs. 16,9 %, $p=0,003$) e CFPUB (24,9 vs. 17,9 %, $p=0,014$).

Quanto à variável Tanner, como é verificável na Tabela 1, os subgrupos pré-púberes apresentaram menor valor médio do que os subgrupos púberes ($p<0,001$).

4.2.3. Fator Tempo

Entre o MA1 e o MA2 (fator Tempo), verificaram-se algumas diferenças estatisticamente significativas nas características morfológicas e maturacionais, nos diversos subgrupos.

No subgrupo NMPRE constatou-se um aumento significativo da idade (10,4 vs. 10,8 anos, $p=0,037$), da altura (142,3 vs. 144,1 cm, $p<0,001$) e uma diminuição significativa da MG (16,8 vs. 15,1 %, $p=0,029$).

O subgrupo NFPRE cresceu significativamente em altura (140,4 vs. 142,2 cm, $p<0,001$). Neste subgrupo também se verificou uma tendência para o aumento do peso (33,0 vs. 33,7 kg, $p=0,061$) e diminuição da MG (16,5 vs. 15,5 %, $p=0,063$), mas não foi significativo.

No subgrupo NMPUB verificou-se um aumento significativo da idade (13,5 vs. 14,1 anos, $p=0,005$), da altura (166,9 vs. 170,4 cm, $p<0,001$), do peso (56,8 vs. 59,5 kg, $p=0,005$) e uma diminuição significativa da MG (16,9 vs. 15,2 %, $p=0,005$).

No subgrupo NFPUB verificou-se um aumento significativo da idade (11,3 vs. 11,9 anos, $p=0,005$), da altura (152,7 vs. 155,1 cm, $p<0,001$), do peso (46,4 vs. 48,4 kg, $p=0,005$) e uma diminuição significativa da MG (20,5 vs. 18,6 %, $p=0,016$).

No subgrupo CMPRE verificou-se um crescimento significativo da altura (145,3 vs. 147,1 cm, $p<0,001$).

O subgrupo CFPRE obteve um crescimento significativo da altura (141,8 vs. 143,7 cm, $p=0,004$) e do peso (37,2 vs. 38,9 kg, $p=0,031$).

No subgrupo CMPUB verificou-se um crescimento significativo da altura (163,6 vs. 166,3 cm, $p<0,001$). Constatou-se ainda uma tendência para um aumento do peso (67,3 vs. 68,9 kg, $p=0,059$).

O subgrupo CFPUB demonstrou um aumento significativo da idade (11,2 vs. 11,9 anos, $p=0,001$), da altura (150,0 vs. 152,2 cm, $p<0,001$), do peso (41,1 vs. 43,2 kg, $p<0,001$), do IMC (18,2 vs. 18,5 kg·m⁻², $p=0,043$) e da MG (17,9 vs. 19,4 %, $p=0,007$).

4.2.4. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes

A Tabela 16 apresenta os resultados da análise ANOVA medidas repetidas referente à interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes consideradas no estudo, isto é, o Sexo, o Grupo e a Maturação, relativamente à caracterização morfológica e maturacional.

Tabela 16: Valores de significância da análise ANOVA medidas repetidas da interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes consideradas no estudo, relativamente às características antropométricas.

	Idade	Altura	Peso	IMC	MG	Índice de Tanner
Tempo*Sexo	0,879	0,073	0,511	0,047*	0,043*	0,754
Tempo*Grupo	0,133	0,277	0,997	0,881	0,000*	0,754
Tempo*Maturação	0,001*	0,000*	0,005*	0,330	0,671	0,006*
Tempo*Sexo*Grupo	0,227	0,419	0,296	0,205	0,130	0,754
Tempo*Sexo*Maturação	0,099	0,027*	0,339	0,910	0,882	0,754
Tempo*Grupo*Maturação	0,544	0,152	0,228	0,488	0,489	0,754
Tempo*Sexo*Grupo*Maturação	0,544	0,647	0,892	0,933	0,292	0,754

Nota: IMC – índice de massa corporal; MG – massa gorda;

* Indica interação significativa entre o fator Tempo e as variáveis independentes ($p\leq 0,05$).

Observou-se a existência de interação significativa nos fatores Tempo*Sexo*Maturação na variável altura ($p=0,027$), nos fatores Tempo*Maturação nas variáveis idade ($p=0,001$), peso ($p=0,005$) e índice de Tanner ($p=0,006$), nos fatores Tempo*Grupo na variável MG ($p<0,001$), e nos fatores Tempo*Sexo nas variáveis IMC ($p=0,047$) e MG ($p=0,043$).

As Figuras 14 e 15 apresentam os diagramas de perfis das médias marginais na variável MG (%), respeitantes à interação entre os fatores Tempo*Grupo e Tempo*Sexo, respetivamente. Através da sua análise, é possível interpretar as alterações entre o MA1 e o MA2, considerando as variáveis independentes que apresentaram diferenças na análise ANOVA medidas repetidas, ou seja, os fatores Tempo*Grupo e Tempo*Sexo (Tabela 16). Mais concretamente, no grupo de natação observou-se uma diminuição da percentagem de MG, enquanto no grupo de controlo verificou-se um ligeiro aumento desta variável (Figura 14). Entre o MA1 e o MA2 verificou-se uma diminuição acentuada da percentagem de MG no sexo masculino, enquanto no sexo feminino este valor foi ligeiramente inferior (Figura 15).

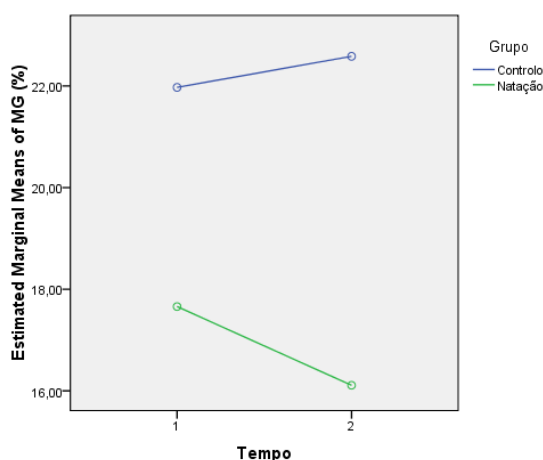


Figura 14: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Grupo.

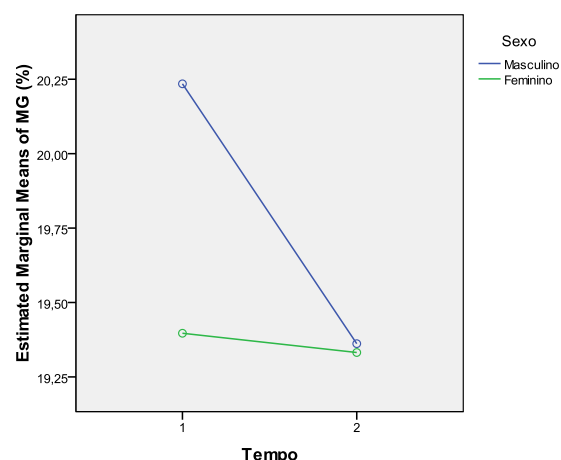


Figura 15: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Sexo.

As Figuras 16 e 17 apresentam os diagramas de perfis das médias marginais na variável MG (%), respeitantes à interação entre os fatores Tempo*Sexo*Grupo, nomeadamente, referente ao sexo masculino e feminino, respetivamente. Na Figura 16, verifica-se a diminuição da percentagem de MG nos rapazes do grupo de natação (subgrupos

NMPRE e NMPUB), permanecendo quase inalterado nos rapazes do grupo de controlo (subgrupos CMPRE e CMPUB). Enquanto na Figura 17, observa-se que a percentagem de MG aumentou nas raparigas do grupo de controlo (subgrupos CFPRE e CFPUB) e diminuiu nas raparigas do grupo de natação (subgrupos NFPRE e NFPUB).

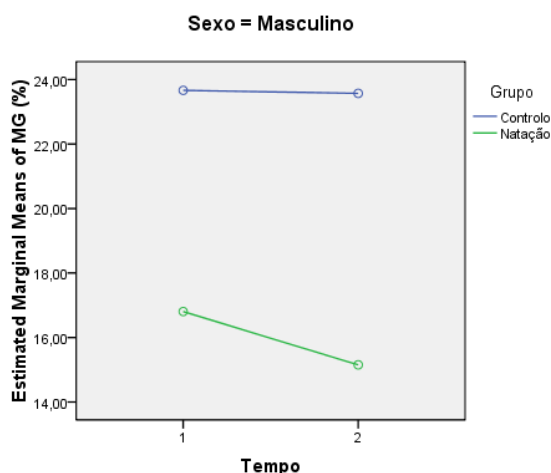


Figura 16: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Sexo*Grupo, referente ao sexo masculino.

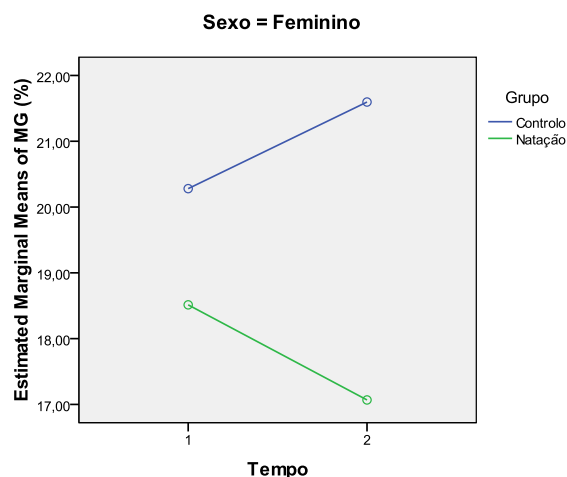


Figura 17: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Sexo*Grupo, referente ao sexo feminino.

As Figura 18 e 19 apresentam os diagramas de perfis das médias marginais na variável MG (%), respeitantes à interação entre os fatores Tempo*Sexo*Maturação, nomeadamente referente aos participantes pré-púberes e púberes, respetivamente. Na Figura 18, verifica-se a diminuição da percentagem de MG nos participantes pré-púberes do grupo de natação (subgrupos NMPRE e NFPRE) e a manutenção da percentagem de MG nos pré-púberes do grupo de controlo (subgrupos CMPRE e CFPRE). Na Figura 19 verifica-se uma tendência para um aumento da percentagem de MG nos púberes do grupo de controlo (subgrupos CMPUB e CFPUB), contudo, uma diminuição mais acentuada desta variável nos púberes do grupo de natação (subgrupos NMPUB e NFPUB).

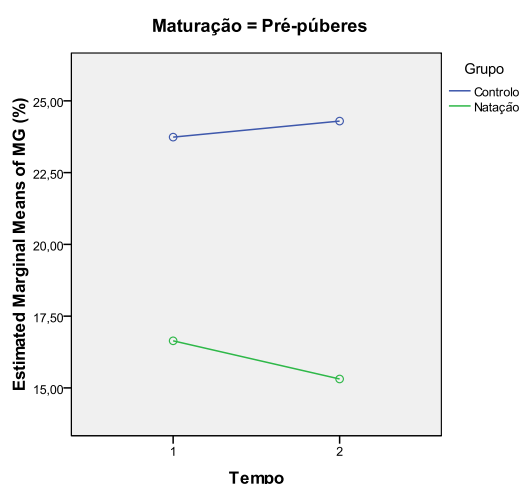


Figura 18: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos pré-púberes.

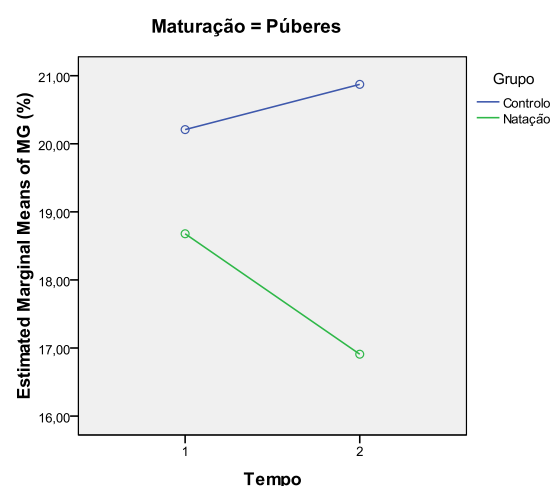


Figura 19: Diagrama de perfis das médias marginais na variável MG (%), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos púberes.

4.3. Caracterização e comparação da aptidão aeróbia

4.3.1. Caracterização geral da amostra no momento de avaliação 1

Relativamente à caracterização geral da amostra no MA1, referente ao teste de aptidão aeróbia, o grupo de natação apresentou um valor médio de $60 \text{ ciclos} \cdot \text{min}^{-1}$ na variável PRF, enquanto no grupo de controlo foi de $57 \text{ ciclos} \cdot \text{min}^{-1}$. No sexo masculino o valor médio foi de $58 \text{ ciclos} \cdot \text{min}^{-1}$, especificamente de $60 \text{ ciclos} \cdot \text{min}^{-1}$ nos pré-púberes (NMPRE e CMPRE) e de $57 \text{ ciclos} \cdot \text{min}^{-1}$ nos púberes (NMPUB e CFMUB). Quanto ao sexo feminino o valor médio foi de $58 \text{ ciclos} \cdot \text{min}^{-1}$, tal como nas pré-púberes (NFPRE e CFPRE) e púberes (NFPUB e CFMUB).

O valor médio de PTV foi de 1,6 L no grupo de natação e de 1,5 L no grupo de controlo. Os participantes do sexo masculino apresentaram um valor médio de 1,7 L, sendo que nos pré-púberes foi de 1,3 L e nos púberes de 2,2 L. O sexo feminino apresentou um valor médio de 1,3 L, especificamente de 1,1 L nas pré-púberes e de 1,4 L nas púberes.

O grupo de natação apresentou um valor médio de PV_E ($89,3 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$) superior ao grupo de controlo ($74,9 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$). No sexo masculino o valor médio foi de $90,4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, nomeadamente de $68,4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ nos pré-púberes e de $112,5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ nos púberes. No sexo

feminino o valor médio foi de $71,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, especificamente de $60,4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ nas pré-púberes e de $78,3 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ nas púberes.

Quanto à variável PVO_2 , o valor médio do grupo de natação e de controlo foi de 2,7 e $2,3 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, respetivamente. Os participantes do sexo masculino demonstraram um valor médio de $2,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, sendo que nos pré-púberes foi de $2,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e nos púberes de $3,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. No sexo feminino foi de $2,3 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, especificamente de $1,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ nas pré-púberes e de $2,4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ nas púberes.

Na variável $\text{PVO}_{2\text{rel}}$, o valor médio do grupo de natação foi de $60,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, enquanto no grupo de controlo foi de $47 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. No sexo masculino o valor médio foi de $53,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, concretamente de $50 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ nos pré-púberes e de $57,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ nos púberes. No sexo feminino foi de $54 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, especificamente de $52,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ nas pré-púberes e de $55,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ nas púberes.

O valor médio da variável PRER foi de 1,13 e de 1,09 no grupo de natação e de controlo, respetivamente. No sexo masculino foi de 1,12, nomeadamente de 1,11 nos pré-púberes e de 1,14 nos púberes. Enquanto no sexo feminino, o valor médio foi de 1,09, semelhante nas participantes pré-púberes e púberes.

Relativamente à variável PHR, o valor médio do grupo de natação foi de $196 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$, enquanto no grupo de controlo foi de $198 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$. Os participantes do sexo masculino apresentaram um valor médio de $197 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$, semelhante nos pré-púberes e nos púberes. O sexo feminino apresentou um valor médio de $198 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$, especificamente de $199 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$ nas pré-púberes e de $197 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$ nas púberes.

O valor médio de PQ foi de $16 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ no grupo de natação e de $14,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ no grupo de controlo. Os participantes do sexo masculino apresentaram um valor médio de $16,4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, sendo que nos pré-púberes foi de $11,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e nos púberes de $21,1 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. O sexo feminino apresentou um valor médio de $13,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, especificamente de $11,3 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ nas pré-púberes e de $15,1 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ nas púberes.

Quanto à variável PSV, o valor médio do grupo de natação e de controlo foi de 97,2 e 84,9 L, respetivamente. Os participantes do sexo masculino apresentaram um valor médio de 97,4 L, designadamente de 70,4 L nos pré-púberes e de 124,4 L nos púberes. No sexo feminino foi de 82,9 L, especificamente de 65,3 L nas pré-púberes e de 91,6 L nas púberes.

4.3.2. Comparação dos diversos subgrupos no momento de avaliação 1

Através da análise dos resultados do teste de aptidão aeróbia no MA1 (Tabela 17), foi possível constatar diferenças estatisticamente significativas, entre os subgrupos, nas variáveis PTV ($F(7,64)=12,900$, $p<0,001$), PV_E ($F(7,64)=18,405$, $p<0,001$), PVO_2 ($F(7,64)=19,343$, $p<0,001$), PVO_{2rel} ($F(7,64)=7,405$, $p<0,001$), PQ ($F(7,64)=19,117$, $p<0,001$) e PSV ($F(7,64)=14,450$, $p<0,001$).

Na variável PTV, foi observado um valor médio significativamente superior no subgrupo NMPUB comparativamente com os subgrupos NMPRE (2,3 vs. 1,3 L, $p=0,003$), NFPRE (2,3 vs. 1,3 L, $p=0,009$), NFPUB (2,3 vs. 1,5 L, $p=0,032$), CMPRE (2,3 vs. 1,2 L, $p=0,001$), CFPRE (2,3 vs. 1,0 L, $p<0,001$) e CFPUB (2,3 vs. 1,3 anos, $p=0,004$). O subgrupo CMPUB também apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (2,1 vs. 1,3 L, $p=0,049$), CMPRE (2,1 vs. 1,2 L, $p=0,029$) e CFPRE (2,1 vs. 1,0 L, $p=0,005$). O subgrupo NFPUB apresentou um valor médio significativamente superior ao subgrupo CFPRE (1,5 vs. 1,0 L, $p=0,001$).

Relativamente à variável PV_E , verificou-se um valor médio significativamente superior no subgrupo NMPUB face aos subgrupos NMPRE (116,4 vs. 72,8 L·min⁻¹, $p<0,001$), NFPRE (116,4 vs. 70,5 L·min⁻¹, $p<0,001$), NFPUB (116,4 vs. 89,9 L·min⁻¹, $p=0,010$), CMPRE (116,4 vs. 64,0 L·min⁻¹, $p<0,001$), CFPRE (116,4 vs. 50,3 L·min⁻¹, $p<0,001$) e CFPUB (116,4 vs. 66,6 L·min⁻¹, $p<0,001$). No subgrupo NFPUB, o valor médio encontrado foi significativamente superior aos subgrupos CMPRE (89,9 vs. 64,0 L·min⁻¹, $p=0,012$), CFPRE (89,9 vs. 50,3 L·min⁻¹, $p<0,001$) e CFPUB (89,9 vs. 66,6 L·min⁻¹, $p=0,034$). O subgrupo CMPUB também apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (108,5 vs. 72,8 L·min⁻¹, $p<0,001$), NFPRE (108,5 vs. 70,5 L·min⁻¹, $p<0,001$), CMPRE (108,5 vs. 64,0 L·min⁻¹, $p<0,001$), CFPRE (108,5 vs. 50,3 L·min⁻¹, $p<0,001$) e CFPUB (108,5 vs. 66,6 L·min⁻¹, $p<0,001$).

A Tabela 17 apresenta os valores médios e desvios padrão das variáveis do teste de aptidão aeróbia dos diversos subgrupos participantes no estudo, nos dois momentos de avaliação, bem como as diferenças estatisticamente significativas entre os subgrupos no MA1 e entre os dois momentos de avaliação (entre o MA1 e o MA2).

Tabela 17: Valores médios e desvios padrão dos resultados nas variáveis do teste de aptidão aeróbia, dos diversos subgrupos da amostra e nos dois momentos de avaliação.

Variáveis	Tempo	Grupo de Natação				Grupo de Controlo			
		NMPRE (n=10)	NFPRE (n=6)	NMPUB (n=10)	NFPUB (n=10)	CMPRE (n=10)	CFPRE (n=6)	CMPUB (n=10)	CFPUB (n=10)
PRF (ciclos·min ⁻¹)	MA1	63 ± 7,1	60 ± 8,0	55 ± 5,4	61 ± 8,5	56 ± 11,0	56 ± 7,2	59 ± 10,6	56 ± 7,6
	MA2	65 ± 6,3	60 ± 9,3	58 ± 7,6	62 ± 9,3	57 ± 10,2	54 ± 7,9	58 ± 9,6	55 ± 6,1
PTV (L)	MA1	1,3 ± 0,3*	1,3 ± 0,3*	2,3 ± 0,5*	1,5 ± 0,3*	1,2 ± 0,3*	1,0 ± 0,1*	2,1 ± 0,6*	1,3 ± 0,3*
	MA2	1,3 ± 0,2	1,4 ± 0,4	2,6 ± 0,7**	1,6 ± 0,2	1,3 ± 0,3	1,0 ± 0,2	2,0 ± 0,5	1,3 ± 0,3
PV _E (L·min ⁻¹)	MA1	72,8 ± 14,8*	70,5 ± 14,7*	116,4 ± 23,3*	89,9 ± 10,2*	64,0 ± 14,3*	50,3 ± 9,7*	108,5 ± 20,3*	66,6 ± 12,6*
	MA2	75,0 ± 13,7	72,4 ± 9,1	136,5 ± 26,9**	94,2 ± 14,6	64,8 ± 15,2	51,0 ± 11,2	106,3 ± 18,6	67,9 ± 12,3
PVO ₂ (L·min ⁻¹)	MA1	2,1 ± 0,5*	2,0 ± 0,5*	3,6 ± 0,7*	2,8 ± 0,2*	2,0 ± 0,4*	1,6 ± 0,2*	3,4 ± 0,7*	2,0 ± 0,4*
	MA2	2,2 ± 0,3	2,2 ± 0,6	3,6 ± 0,8	2,6 ± 0,2	1,9 ± 0,4	1,6 ± 0,4	3,3 ± 0,5	2,0 ± 0,5
PVO _{2rel} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	MA1	57,6 ± 10,9	60,6 ± 9,1*	64,5 ± 13,6*	60,9 ± 5,0*	42,4 ± 8,2*	43,6 ± 8,9*	51,0 ± 6,4*	49,5 ± 7,7*
	MA2	59,0 ± 9,7	63,0 ± 8,9	61,4 ± 13,8	55,4 ± 9,1**	40,2 ± 9,7	41,7 ± 8,7	47,7 ± 6,4**	47,2 ± 8,9
PRER	MA1	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1
	MA2	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1**	1,2 ± 0,1**	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,1 ± 0,1
PHR (bts·min ⁻¹)	MA1	196 ± 10,6	201 ± 4,5	193 ± 6,8	195 ± 7,9	197 ± 12,0	196 ± 15,5 ^a	200 ± 4,7	198 ± 9,1 ^b
	MA2	193 ± 10,1	200 ± 1,9	194 ± 7,2	195 ± 5,6	197 ± 10,7	200 ± 16,1 ^a	197 ± 4,8	197 ± 7,8 ^b
PQ (L·min ⁻¹)	MA1	11,6 ± 2,6*	12,0 ± 2,3*	21,9 ± 4,3*	17,0 ± 1,3*	11,7 ± 2,7*	9,9 ± 1,0* ^a	20,4 ± 4,1*	12,9 ± 2,4* ^b
	MA2	12,6 ± 2,6	12,7 ± 3,0	21,7 ± 4,4	16,0 ± 1,4	11,0 ± 2,7	10,0 ± 1,8 ^a	19,6 ± 3,1	12,8 ± 2,6 ^b
PSV (mL)	MA1	74,6 ± 19,7*	68,4 ± 14,8*	132,4 ± 32,1*	102,0 ± 13,1*	66,2 ± 17,2*	59,0 ± 4,3* ^a	116,3 ± 22,2*	78,7 ± 14,0* ^b
	MA2	77,2 ± 18,0	70,5 ± 15,2	134,3 ± 31,6	95,2 ± 11,6	61,9 ± 17,8	54,8 ± 7,6 ^a	111,9 ± 16,4	74,8 ± 11,8 ^b

Nota: NMPRE – subgrupo de natação masculinos pré-púberes; NFPRE – subgrupo de natação femininos pré-púberes; NMPUB – subgrupo de natação masculinos púberes; NFPUB – subgrupo de natação femininos púberes; CMPRE – subgrupo de controlo masculinos pré-púberes; CFPRE – subgrupo de controlo femininos pré-púberes; CMPUB – subgrupo de controlo masculinos púberes; CFPUB – subgrupo de controlo femininos púberes; PRF – pico de frequência respiratória; PTV – pico de volume corrente; PV_E – pico de ventilação; PVO₂ – pico de VO₂; PVO_{2rel} – pico de VO₂ relativo; PRER – pico de quociente respiratório; PHR – pico de frequência cardíaca; PQ – pico de débito cardíaco; PSV – pico de volume sistólico; min – minuto; L – litros; mL – mililitros; kg – quilograma; bts – batimentos; MA1 – momento de avaliação 1; MA2 – momento de avaliação 2.

^{a,b} Indicam que, em alguns elementos da amostra, os dados não foram registados pelo *software* utilizado para avaliar o PHR (CFPRE, n=3; CFPUB, n=8).

* Indica diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no MA1 ($p \leq 0,05$); ** Indica diferenças estatisticamente significativas entre o MA1 e o MA2 ($p \leq 0,05$).

Através da análise da variável PVO_2 , constatou-se um valor significativamente superior no subgrupo NMPUB comparativamente com os subgrupos NMPRE (3,6 vs. 2,1 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,001$), NFPRE (3,6 vs. 2,0 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,005$), CMPRE (3,6 vs. 2,0 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$), CFPRE (3,6 vs. 1,6 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$) e CFPUB (3,6 vs. 2,0 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,001$). O subgrupo NFPUB, apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (2,8 vs. 2,1 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,032$), CMPRE (2,8 vs. 2,0 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,003$), CFPRE (2,8 vs. 1,6 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$) e CFPUB (2,8 vs. 2,0 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,005$). O subgrupo CMPUB, apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (3,4 vs. 2,1 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,004$), NFPRE (3,4 vs. 2,0 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,013$), CMPRE (3,4 vs. 2,0 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,001$), CFPRE (3,4 vs. 1,6 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$) e CFPUB (3,4 vs. 2,0 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,002$).

Analisando a variável PVO_{2rel} , verificou-se um valor médio significativamente superior no subgrupo NFPUB relativamente aos subgrupos CMPRE (60,9 vs. 42,4 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,001$), CMPUB (60,9 vs. 51,0 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,030$) e CFPUB (60,9 vs. 49,5 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,029$), mas também se apresentou tendencialmente superior ao subgrupo CFPRE (60,9 vs. 43,6 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,055$). O subgrupo NMPUB apresentou um valor médio significativamente superior ao subgrupo CMPRE (64,5 vs. 42,4 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,013$), e tendencialmente superior ao subgrupo CFPRE (64,5 vs. 43,6 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,051$). O subgrupo NFPRE apresentou-se significativamente superior ao subgrupo CMPRE (60,6 vs. 42,4 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,049$), verificando-se também uma tendência para o valor ser superior no subgrupo NMPRE comparativamente com o subgrupo CMPRE (57,6 vs. 42,4 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,062$), mas sem diferenças estatisticamente significativas.

Ao examinarmos a variável PQ, constatou-se que o subgrupo NMPUB apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (21,9 vs. 11,6 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$), NFPRE (21,9 vs. 12,0 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,001$), CMPRE (21,9 vs. 11,7 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$), CFPRE (21,9 vs. 9,9 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$) e CFPUB (21,9 vs. 12,9 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,001$). Conquanto, o valor médio do subgrupo NFPUB também se apresentou significativamente superior aos subgrupos NMPRE (17,0 vs. 11,6 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,001$), NFPRE (17,0 vs. 12,0 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,032$), CMPRE (17,0 vs. 11,7 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,002$), CFPRE (17,0 vs. 9,9 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,006$) e CFPUB (17,0 vs. 12,9 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,028$). Para além disso, também o subgrupo CMPUB apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (20,4 vs. 11,6 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,001$), NFPRE (20,4 vs. 12,0 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,003$), CMPRE (20,4 vs.

11,7 L·min⁻¹, $p=0,001$), CFPRE (20,4 vs. 9,9 L·min⁻¹, $p<0,001$) e CFPUB (20,4 vs. 12,9 L·min⁻¹, $p=0,005$).

Na variável PSV, foram encontrados resultados semelhantes à variável anterior, nomeadamente um valor médio significativamente superior no subgrupo NMPUB comparativamente aos subgrupos NMPRE (132,4 vs. 74,6 mL, $p=0,005$), NFPRE (132,4 vs. 68,4 mL, $p=0,003$), CMPRE (132,4 vs. 66,2 mL, $p=0,001$), CFPRE (132,4 vs. 59,0 mL, $p=0,001$) e CFPUB (132,4 vs. 78,7 mL, $p=0,009$). O subgrupo NFPUB apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (102,0 vs. 74,6 mL, $p=0,050$), NFPRE (102,0 vs. 68,4 mL, $p=0,022$), CMPRE (102,0 vs. 66,2 mL, $p=0,002$) e CFPRE (102,0 vs. 59,0 mL, $p<0,001$), mas não relativamente ao subgrupo CFPUB (102,0 vs. 78,7 mL, $p=0,059$). O subgrupo CMPUB também apresentou um valor médio significativamente superior em comparação aos subgrupos NMPRE (116,3 vs. 74,6 mL, $p=0,008$), NFPRE (116,3 vs. 68,4 mL, $p=0,004$), CMPRE (116,3 vs. 66,2 mL, $p=0,001$), CFPRE (116,3 vs. 59,0 mL, $p<0,001$) e CFPUB (116,3 vs. 78,7 mL, $p=0,012$).

4.3.3. Fator Tempo

Entre o MA1 e o MA2, verificaram-se diferenças estatisticamente significativas nas variáveis de aptidão aeróbia em alguns subgrupos.

No subgrupo NMPUB verificou-se um aumento significativo das variáveis PTV (2,3 vs. 2,6 L, $p=0,037$), PV_E (116,4 vs. 136,5 L·min⁻¹, $p=0,003$), PRER (1,1 vs. 1,3, $p=0,001$).

No subgrupo NFPUB verificou-se uma diminuição significativa da variável PVO_{2rel} (60,9 vs. 55,4 mL·kg⁻¹·min⁻¹, $p=0,021$) e um aumento significativo da variável PRER (1,1 vs. 1,2, $p=0,017$).

No subgrupo CMPUB verificou-se uma diminuição significativa da variável PVO_{2rel} (51,0 vs. 47,7 mL·kg⁻¹·min⁻¹, $p=0,035$).

4.3.4. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes

A Tabela 18 identifica os resultados de significância da análise ANOVA medidas repetidas referente à interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes consideradas no estudo, no que diz respeito às variáveis de aptidão aeróbia.

Tabela 18: Valores de significância da análise ANOVA medidas repetidas da interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes consideradas no estudo, relativamente às variáveis de aptidão aeróbia.

	PRF	PTV	PV _E	PVO ₂	PVO _{2rel}
Tempo*Sexo	0,392	0,945	0,265	0,611	0,993
Tempo*Grupo	0,200	0,031*	0,018*	0,398	0,451
Tempo*Maturação	0,887	0,791	0,120	0,189	0,040*
Tempo*Sexo*Grupo	0,960	0,155	0,092	0,261	0,683
Tempo*Sexo*Maturação	0,547	0,532	0,308	0,506	0,686
Tempo*Grupo*Maturação	0,757	0,055	0,049*	0,406	0,102
Tempo*Sexo*Grupo*Maturação	0,733	0,052	0,097	0,429	0,554
	PRER	PHR	PQ	PSV	
Tempo*Sexo	0,836	0,320	0,838	0,464	
Tempo*Grupo	0,155	0,542	0,352	0,163	
Tempo*Maturação	0,109	0,556	0,135	0,420	
Tempo*Sexo*Grupo	0,995	0,482	0,232	0,401	
Tempo*Sexo*Maturação	0,885	0,351	0,776	0,514	
Tempo*Grupo*Maturação	0,111	0,109	0,233	0,412	
Tempo*Sexo*Grupo*Maturação	0,554	0,992	0,806	0,468	

Nota: PRF – pico de frequência respiratória; PTV – pico de volume corrente; PV_E – pico de ventilação; PVO₂ – pico de VO₂; PVO_{2rel} – pico de VO₂ relativo; PRER – pico de quociente respiratório; PHR – pico de frequência cardíaca; PQ – pico de débito cardíaco; PSV – pico de volume sistólico.

* Indica interação significativa entre o fator Tempo e as variáveis independentes ($p \leq 0,05$).

Através da análise das alterações nestas variáveis ao longo do tempo (entre o MA1 e o MA2) e a sua interação nas variáveis independentes, considerando todos os fatores, Tempo*Sexo*Grupo*Maturação, verificou-se que estes não apresentam interações significativas (Tabela 18). No entanto, observaram-se interações significativas nos fatores Tempo*Grupo*Maturação na variável PV_E ($p=0,049$), nos fatores Tempo*Grupo na variável PTV ($p=0,031$) e PV_E ($p=0,018$), bem como nos fatores Tempo*Maturação na variável PVO_{2rel} ($p=0,040$).

As Figuras 20 e 21 apresentam os diagramas de perfis das médias marginais na variável PVO_{2rel} ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), referentes à interação entre os fatores Tempo*Maturação e Tempo*Grupo, respetivamente.

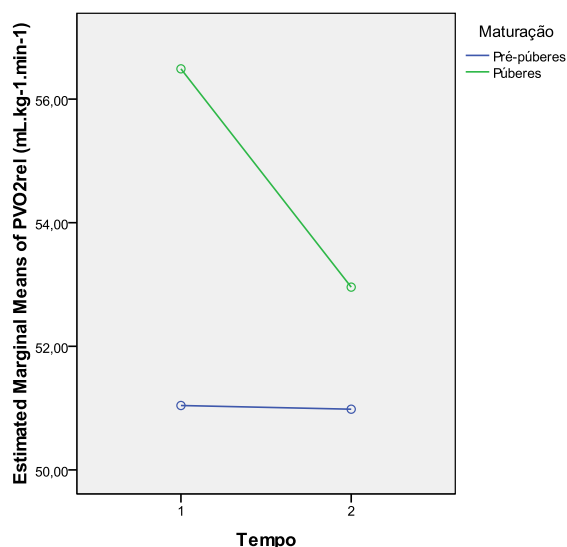


Figura 20: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Maturação.

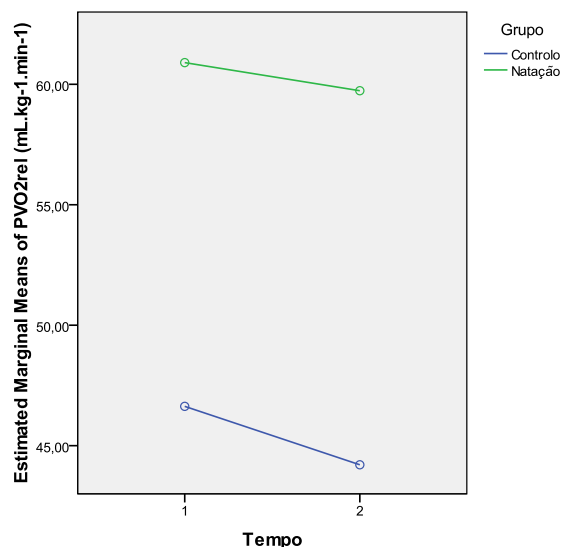


Figura 21: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo.

As Figuras 22 e 23 apresentam os diagramas de perfis das médias marginais na variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), respeitantes à interação entre os fatores Tempo*Grupo*Sexo, nomeadamente nos rapazes e nas raparigas, respetivamente.

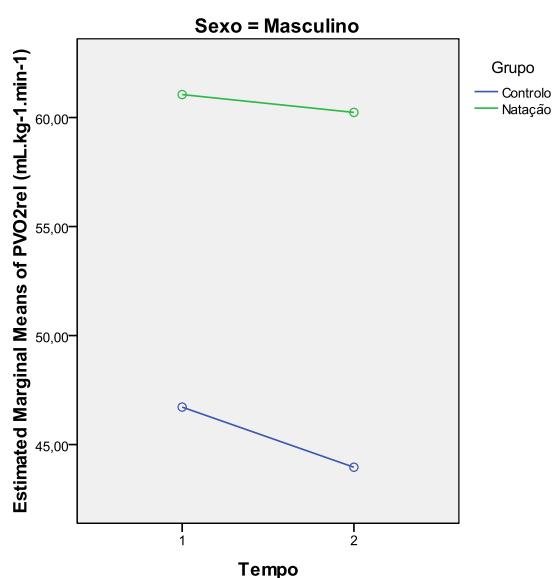


Figura 22: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Sexo, referente ao sexo masculino.

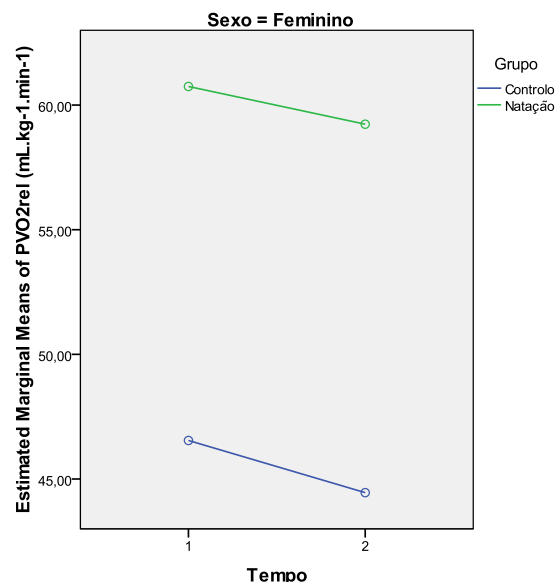


Figura 23: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Sexo, referente ao sexo feminino.

Examinando o fator Tempo, entre o MA1 e o MA2, observou-se que os participantes pré-púberes mantiveram um valor semelhante entre os dois momentos de avaliação, mas os participantes púberes tiveram um decréscimo acentuado na variável PVO_{2rel} (Figura 20), identificando as diferenças na análise ANOVA medidas repetidas entre os fatores Tempo*Maturação (Tabela 18). Na interação entre os fatores Tempo*Grupo (Figura 21), verificou-se um decréscimo na variável PVO_{2rel} no grupo de natação e no grupo de controlo.

Na Figura 22, observa-se uma ligeira diminuição do PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) nos rapazes do grupo de natação (subgrupos NMPRE e NMPUB) e um decréscimo mais acentuado nos rapazes do grupo de controlo (subgrupos CMPRE e CMPUB). Na Figura 23 constata-se uma tendência semelhante de diminuição desta variável nas raparigas de ambos os grupos, grupo de controlo (subgrupos CFPRE e CFPUB) e grupo de natação (subgrupos NFPRE e NFPUB).

As Figuras 24 e 25 apresentam os diagramas de perfis das médias marginais na variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), respeitante à interação entre os fatores Tempo*Grupo*Maturação, nomeadamente nos pré-púberes e nos púberes, respetivamente.

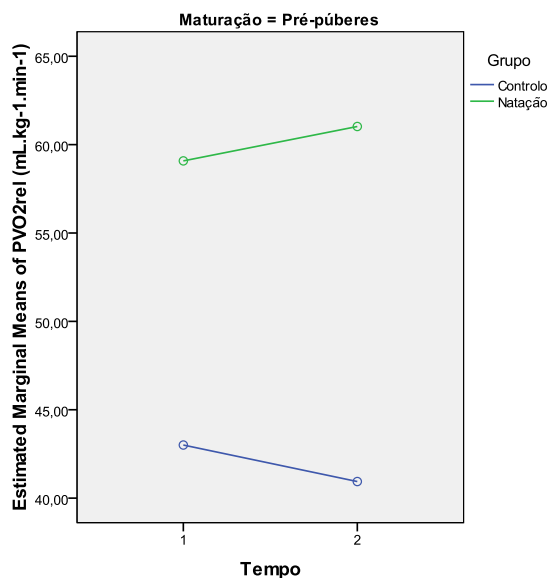


Figura 24: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos pré-púberes.

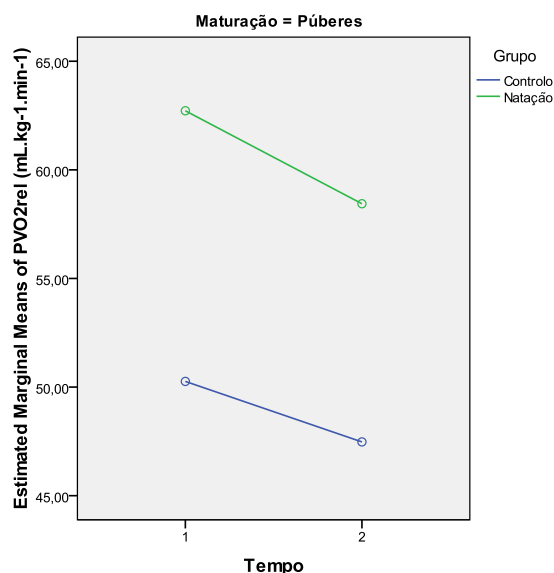


Figura 25: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos púberes.

Na Figura 24, observa-se uma ligeira diminuição do PVO_{2rel} nos pré-púberes do grupo de controlo (subgrupos CMPRE e CFPRE) e um ligeiro aumento desta variável nos pré-púberes do grupo de natação (subgrupos NMPRE e NFPRE). Na Figura 25, constata-se que o PVO_{2rel} diminuiu nos participantes púberes do grupo de controlo (subgrupos CMPUB e CFPUB) e uma diminuição mais acentuada no grupo de natação (subgrupos NMPUB e NFPUB).

4.4. Caracterização e comparação da aptidão anaeróbia

4.4.1. Caracterização geral da amostra no momento de avaliação 1

Relativamente à caracterização geral da amostra no MA1, referente ao teste de aptidão anaeróbia, o grupo de natação apresentou um valor médio de 350 W na variável PP, enquanto no grupo de controlo foi de 361 W. No sexo masculino o valor médio foi de 417 W, especificamente de 306 W nos pré-púberes (NMPRE e CMPRE) e de 528 W nos púberes (NMPUB e CFMUB). Quanto ao sexo feminino o valor médio foi de 279 W, designadamente 223 W nas pré-púberes (NFPRE e CFPRE) e de 313 W nas púberes (NFPUB e CFMUB).

O valor médio de PP_{rel} foi de $7,8 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ no grupo de natação e de $7,2 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ no grupo de controlo. Os participantes do sexo masculino apresentaram um valor médio de $8 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$, sendo que nos pré-púberes foi de $7,4 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ e nos púberes de $8,5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$. O sexo feminino apresentou um valor médio de $7 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$, concretamente de $6,5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ nas pré-púberes e de $7,2 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ nas púberes.

O valor médio de MP no grupo de natação foi de 265 W, enquanto no grupo de controlo foi de 250 W. No sexo masculino o valor médio foi de 294 W, nomeadamente de 216 W nos pré-púberes e de 373 W nos púberes. Relativamente ao sexo feminino, o valor médio foi de 212 W, especificamente de 169 W nas pré-púberes e de 238 W nas púberes.

Quanto à variável MP_{rel} , o valor médio do grupo de natação e de controlo foi de 5,9 e $5,1 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$, respetivamente. Nos participantes do sexo masculino observou-se um valor médio de $5,7 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$, sendo que nos pré-púberes foi de $5,3 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ e nos púberes de $6,1 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$. No sexo feminino foi de $5,3 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$, nomeadamente de $5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ nas pré-púberes e de $5,3 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ nas púberes.

O grupo de natação apresentou um valor médio de FI (45,3%) inferior ao do grupo de controlo (53,5%). Os participantes do sexo masculino apresentaram um valor médio de 50,9 %, sendo que nos pré-púberes foi de 52,2% e nos púberes de 49,6%. O sexo feminino apresentou um valor médio de 47,4%, especificamente de 45,8% nas pré-púberes e de 48,4% nas púberes.

Na variável PVO_{2W} , o grupo de natação obteve um valor médio de $2,1 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, enquanto no grupo de controlo foi de $1,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. Nos participantes do sexo masculino, o valor médio foi de $2,1 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, mais propriamente de $1,7 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ nos pré-púberes e de $2,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ nos púberes. No sexo feminino o valor médio foi de $1,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, especificamente de $1,4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ nas pré-púberes e de $1,7 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ nas púberes.

Relativamente à variável PVO_{2relW} , o grupo de natação apresentou um valor médio de $47,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, enquanto no grupo de controlo foi de $33,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Os participantes do sexo masculino, apresentaram um valor médio de $41,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, designadamente de $41,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ nos pré-púberes e de $41 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ nos púberes. No sexo feminino o valor médio foi de $39,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, concretamente de $40,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ nas pré-púberes e de $39,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ nas púberes.

Quanto à variável PHR_W , o grupo de natação apresentou um valor médio de $181,9 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$, enquanto no grupo de controlo foi de $184,8 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$. Nos participantes do sexo masculino, o valor médio foi de $183,9 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$, nomeadamente de $185,4 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$ nos pré-púberes e de $182,5 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$ nos púberes. No sexo feminino o valor médio foi de $182,4 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$, especificamente de $182,5 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$ nas pré-púberes e de $182,3 \text{ bts}\cdot\text{min}^{-1}$ nas púberes.

4.4.2. Comparação dos diversos subgrupos no momento de avaliação 1

A Tabela 19 apresenta os valores médios e desvios padrão das variáveis analisadas no teste de aptidão anaeróbia, respeitantes aos dois momentos de avaliação e aos vários subgrupos, com a indicação das diferenças estatisticamente significativas entre os subgrupos no MA1, mas também entre o MA1 e o MA2.

Tabela 19: Valores médios e desvios padrão das variáveis da aptidão anaeróbia do WAnT, nos dois momentos de avaliação.

Variáveis	Tempo	Grupo de Natação				Grupo de Controlo			
		NMPRE (n=10)	NFPRE (n=6)	NMPUB (n=10)	NFPUB (n=10)	CMPRE (n=10)	CFPRE (n=6)	CMPUB (n=10)	CFPUB (n=10)
PP (W)	MA1	288 ± 60,5*	245 ± 61,6*	492 ± 118,1*	335 ± 33,8*	324 ± 71,1*	201 ± 23,1*	563 ± 144,1*	292 ± 40,0*
	MA2	308 ± 70,9**	260 ± 65,8	562 ± 112,1**	380 ± 61,8**	326 ± 65,8	204 ± 30,0	582 ± 136,6	318 ± 56,6**
PP _{rel} (W·kg ⁻¹)	MA1	7,8 ± 0,9*	7,4 ± 1,1	8,6 ± 0,9*	7,3 ± 0,6*	7,0 ± 1,1*	5,7 ± 1,4*	8,4 ± 1,1*	7,2 ± 0,8*
	MA2	8,2 ± 0,8	7,6 ± 1,0	9,5 ± 1,2**	7,9 ± 0,8**	6,9 ± 0,9	5,4 ± 1,0	8,5 ± 1,3	7,4 ± 0,4
MP (W)	MA1	215 ± 45,5*	191 ± 46,6*	364 ± 88,3*	261 ± 26,4*	217 ± 38,6*	147 ± 21,1*	381 ± 98,1*	215 ± 32,9*
	MA2	226 ± 55,4	204 ± 44,7	411 ± 89,2**	276 ± 32,9	218 ± 38,5	143 ± 24,1	393 ± 94,7	227 ± 37,3**
MP _{rel} (W·kg ⁻¹)	MA1	5,9 ± 0,9*	5,7 ± 0,8	6,4 ± 0,8*	5,7 ± 0,7	4,7 ± 0,8*	4,2 ± 1,3*	5,7 ± 1,2	5,3 ± 0,9
	MA2	6,0 ± 0,9	6,0 ± 0,7	6,9 ± 0,9**	5,8 ± 0,6	4,7 ± 0,7	3,9 ± 0,9	5,7 ± 1,0	5,4 ± 0,9
FI (%)	MA1	47,7 ± 10,7	44,3 ± 5,7	44,7 ± 11,0	44,0 ± 10,4	56,8 ± 7,4	47,4 ± 8,0	54,5 ± 12,7	52,8 ± 9,5
	MA2	46,9 ± 11,7	42,3 ± 4,8	52,4 ± 10,6	51,0 ± 15,3	61,2 ± 11,8	55,9 ± 9,4	61,0 ± 11,8	58,9 ± 15,1
PVO _{2W} (L·min ⁻¹)	MA1	1,8 ± 0,4*	1,6 ± 0,4*	2,7 ± 0,6*	2,0 ± 0,3*	1,5 ± 0,4*	1,1 ± 0,3*	2,3 ± 0,4*	1,4 ± 0,3*
	MA2	1,8 ± 0,2	1,6 ± 0,3	2,6 ± 0,5	2,0 ± 0,2	1,5 ± 0,3	1,1 ± 0,2	2,3 ± 0,4	1,4 ± 0,2
PVO _{2relW} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	MA1	49,7 ± 6,5*	49,8 ± 11,0	47,4 ± 10,1*	43,2 ± 5,0*	33,0 ± 6,7*	30,7 ± 9,2*	34,7 ± 3,9*	35,4 ± 4,8*
	MA2	47,9 ± 7,6	46,9 ± 5,8	43,6 ± 5,7	41,4 ± 4,0	32,5 ± 4,5	30,3 ± 6,8	34,0 ± 5,3	33,5 ± 4,8
PHR _W (bts·min ⁻¹)	MA1	180 ± 13,0	189 ± 11,3	180 ± 7,0	182 ± 11,3	190 ± 10,3	175 ± 6,3 ^a	185 ± 7,1	183 ± 8,4 ^b
	MA2	177 ± 13,1	187 ± 11,5	174 ± 12,1	176 ± 12,2**	185 ± 14,3**	172 ± 17,3 ^a	184 ± 9,3	183 ± 7,1 ^b

Nota: NMPRE – subgrupo de natação masculinos pré-púberes; NFPRE – subgrupo de natação femininos pré-púberes; NMPUB – subgrupo de natação masculinos púberes; NFPUB – subgrupo de natação femininos púberes; CMPRE – subgrupo de controlo masculinos pré-púberes; CFPRE – subgrupo de controlo femininos pré-púberes; CMPUB – subgrupo de controlo masculinos púberes; CFPUB – subgrupo de controlo femininos púberes; PP – potência mecânica máxima; PP_{rel} – potência mecânica máxima relativa; MP – potência mecânica média; MP_{rel} – potência mecânica média relativa; FI – índice de fadiga (% de perda de potência em relação ao PP); PVO_{2W} – pico de VO₂ do WAnT; PVO_{2relW} – pico de VO₂ relativo do WAnT; PHR_W – pico de frequência cardíaca do WAnT; MA1 – momento de avaliação 1; MA2 – momento de avaliação 2; W – watts; kg – quilograma; % - percentagem; mL – mililitros; min – minuto; bts – batimentos.

^{a,b} Indicam que, em alguns elementos da amostra, os dados não foram registados pelo *software* utilizado para avaliar a PHR_{WAnT} (CFPRE, n=5; CFPUB, n=8).

* Indica diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no MA1 ($p \leq 0,05$); ** Indica diferenças estatisticamente significativas entre o MA1 e o MA2 ($p \leq 0,05$).

Na análise desses resultados, foi possível constatar diferenças estatisticamente significativas nas variáveis PP ($F(7,64)=19,549$, $p<0,001$), PP_{rel} ($F(7,64)=6,743$, $p<0,001$), MP ($F(7,64)=17,639$, $p<0,001$), MP_{rel} ($F(7,64)=4,271$, $p=0,001$), PVO_{2W} ($F(7,64)=13,313$, $p<0,001$) e PVO_{2relW} ($F(7,64)=10,200$, $p<0,001$).

Quanto à variável PP, verificou-se um valor médio significativamente superior no subgrupo NMPUB comparativamente com os subgrupos NMPRE (492 vs. 288 W, $p=0,007$), NFPRE (492 vs. 245 W, $p=0,002$), NFPUB (492 vs. 335 W, $p=0,043$), CMPRE (492 vs. 324 W, $p=0,036$), CFPRE (492 vs. 201 W, $p<0,001$) e CFPUB (492 vs. 292 W, $p=0,008$). O subgrupo CMPUB apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (563 vs. 288 W, $p=0,003$), NFPRE (563 vs. 245 W, $p=0,001$), NFPUB (563 vs. 335 W, $p=0,013$), CMPRE (563 vs. 324 W, $p=0,009$), CFPRE (563 vs. 201 W, $p<0,001$) e CFPUB (563 vs. 292 W, $p=0,004$). O subgrupo CFPRE apresentou um valor médio significativamente inferior aos subgrupos NMPRE (201 vs. 288 W, $p=0,032$), NFPUB (201 vs. 335 W, $p<0,001$), CMPRE (201 vs. 324 W, $p=0,007$) e CFPUB (201 vs. 292 W, $p=0,001$).

Através da análise da variável PP_{rel} , constatou-se que o subgrupo CFPRE apresentou um valor médio significativamente inferior relativamente aos subgrupos NMPRE (5,7 vs. 7,8 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,002$), NMPUB (5,7 vs. 8,6 $W \cdot kg^{-1}$, $p<0,001$), NFPUB (5,7 vs. 7,3 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,049$) e CMPUB (5,7 vs. 8,4 $W \cdot kg^{-1}$, $p<0,001$). O subgrupo CMPRE apresentou um valor médio significativamente inferior relativamente aos subgrupos NMPUB (7,0 vs. 8,6 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,009$) e CMPUB (7,0 vs. 8,4 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,045$). O subgrupo CFPUB apresentou um valor médio significativamente inferior relativamente ao subgrupo NMPUB (7,2 vs. 8,6 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,034$).

Na variável MP, verificou-se que o subgrupo NMPUB apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NMPRE (364 vs. 215 W, $p=0,008$), NFPRE (364 vs. 191 W, $p=0,004$), CMPRE (364 vs. 217 W, $p=0,009$), CFPRE (364 vs. 147 W, $p<0,001$) e CFPUB (364 vs. 215 W, $p=0,008$). O subgrupo CMPUB também apresentou um valor médio superior aos subgrupos NMPRE (381 vs. 215 W, $p=0,008$), NFPRE (381 vs. 191 W, $p=0,003$), CMPRE (381 vs. 217 W, $p=0,009$), CFPRE (381 vs. 147 W, $p=0,001$) e CFPUB (381 vs. 215 W, $p=0,008$). Por outro lado, o subgrupo CFPRE apresentou um valor médio significativamente inferior aos subgrupos NMPRE (147 vs. 215 W, $p=0,031$), NFPUB (147 vs. 261 W, $p<0,001$) e CFPUB (147 vs. 215 W, $p=0,005$).

Relativamente à variável MP_{rel} , observou-se um valor médio significativamente superior no subgrupo NMPUB comparativamente com os subgrupos CMPRE (6,4 vs. 4,7 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,005$) e CFPRE (6,4 vs. 4,2 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,001$). O subgrupo NMPRE apresentou um valor médio significativamente superior ao subgrupo CFPRE (5,9 vs. 4,2 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,024$).

Na análise da variável PVO_{2w} , verificou-se a existência de um valor significativamente superior no subgrupo NMPUB comparativamente com os subgrupos NMPRE (2,7 vs. 1,8 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,001$), NFPRE (2,7 vs. 1,6 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$), NFPUB (2,7 vs. 2,0 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,010$), CMPRE (2,7 vs. 1,5 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$), CFPRE (2,7 vs. 1,1 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$) e CFPUB (2,7 vs. 1,4 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$). O subgrupo CMPUB, apresentou um valor médio significativamente superior aos subgrupos NFPRE (2,3 vs. 1,6 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,036$), CMPRE (2,3 vs. 1,5 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,001$), CFPRE (2,3 vs. 1,1 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$) e CFPUB (2,3 vs. 1,4 $L \cdot min^{-1}$, $p<0,001$). O subgrupo NFPUB apresentou um valor médio significativamente superior ao subgrupo CFPRE (2,0 vs. 1,1 $L \cdot min^{-1}$, $p=0,001$).

Quando analisada a variável anterior em termos relativos, PVO_{2relw} , verifica-se um valor médio significativamente superior no subgrupo NMPRE relativamente aos subgrupos CMPRE (49,7 vs. 33,0 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,001$), CFPRE (49,7 vs. 30,7 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,037$), CMPUB (49,7 vs. 34,7 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p<0,001$) e CFPUB (49,7 vs. 35,4 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,001$). O subgrupo NMPUB apresenta um valor médio significativamente superior ao subgrupo CMPRE (47,4 vs. 33,0 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,040$). O subgrupo NFPUB apresenta um valor médio significativamente superior aos subgrupos CMPRE (43,2 vs. 33,0 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,030$), CMPUB (43,2 vs. 34,7 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,014$), mas não significativamente superior ao subgrupo CFPUB (43,2 vs. 35,4 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p=0,054$).

4.4.3. Fator Tempo

Entre o MA1 e o MA2, verificaram-se algumas diferenças estatisticamente significativas nas variáveis da aptidão anaeróbia nos diversos subgrupos (Tabela 19).

Relativamente ao grupo de natação, no subgrupo NMPRE constatou-se um aumento significativo da variável PP (287,8 vs. 307,9 W, $p=0,013$), mas não foi estatisticamente significativo na variável PP_{rel} (7,8 vs. 8,2 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,064$). No subgrupo NMPUB observou-

se um aumento significativo nas variáveis PP (492,0 vs. 562,2 W, $p<0,001$), PP_{rel} (8,6 vs. 9,5 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,004$), MP (364,3 vs. 410,8 W, $p<0,001$) e MP_{rel} (6,4 vs. 6,9 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,003$), bem como uma tendência para a diminuição do PHR_W (179,6 vs. 174,3 $bts \cdot min^{-1}$, $p=0,056$). No subgrupo NFPUB observou-se um aumento significativo nas variáveis PP (334,5 vs. 379,6 W, $p=0,005$), PP_{rel} (7,3 vs. 7,9 $W \cdot kg^{-1}$, $p=0,042$) e diminuição significativa na variável PHR_W (181,6 vs. 175,9 $bts \cdot min^{-1}$, $p=0,003$).

Quanto ao grupo de controlo, no subgrupo CMPRE verificou-se a diminuição significativa da variável PHR_W (190,3 vs. 184,6 $bts \cdot min^{-1}$, $p=0,021$) e no subgrupo CFPUB constatou-se um aumento significativo nas variáveis PP (291,7 vs. 318,2 W, $p=0,044$) e MP (214,5 vs. 227,2 W, $p=0,043$).

4.4.4. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes

A Tabela 20 apresenta os resultados de significância da análise ANOVA medidas repetidas referente à interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes consideradas no estudo, relativamente às variáveis da aptidão anaeróbia.

Tabela 20: Valores de significância da análise ANOVA medidas repetidas da interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes consideradas no estudo, relativamente às variáveis da aptidão anaeróbia.

	PP	PP_{rel}	MP	MP_{rel}	FI
Tempo*Sexo	0,528	0,505	0,161	0,239	0,896
Tempo*Grupo	0,004*	0,002*	0,005*	0,007*	0,300
Tempo*Maturação	0,001*	0,036*	0,007*	0,252	0,198
Tempo*Sexo*Grupo	0,239	0,602	0,280	0,894	0,663
Tempo*Sexo*Maturação	0,713	0,825	0,249	0,678	0,761
Tempo*Grupo*Maturação	0,234	0,701	0,661	0,520	0,180
Tempo*Sexo*Grupo*Maturação	0,443	0,527	0,084	0,071	0,714
	PVO_{2W}	PVO_{2relW}	PHR_W		
Tempo*Sexo	0,649	0,962	0,503		
Tempo*Grupo	0,470	0,293	0,468		
Tempo*Maturação	0,904	0,690	0,884		
Tempo*Sexo*Grupo	0,812	0,760	0,756		
Tempo*Sexo*Maturação	0,981	0,794	0,623		
Tempo*Grupo*Maturação	0,773	0,882	0,111		
Tempo*Sexo*Grupo*Maturação	0,729	0,492	0,928		

Nota: PP – potência mecânica máxima; PP_{rel} – potência mecânica máxima relativa; MP – potência mecânica média; MP_{rel} – potência mecânica média relativa; FI – índice de fadiga (% de perda de potência em relação ao PP); PVO_{2W} – pico de VO_2 do WAnT; PVO_{2relW} – pico de VO_2 relativo do WAnT; PHR_W – pico de frequência cardíaca do WAnT; MA1 – momento de avaliação 1; MA2 – momento de avaliação 2.

* Indica interação significativa entre o fator Tempo e as variáveis independentes ($p \leq 0,05$).

Através da análise da Tabela 20, verificaram-se interações significativas nos fatores Tempo*Maturação nas variáveis PP ($p=0,001$), PP_{rel} ($p=0,036$) e MP ($p=0,007$), e nos fatores Tempo*Grupo nas variáveis PP ($p=0,004$), PP_{rel} ($p=0,002$), MP ($p=0,005$), MP_{rel} ($p=0,007$).

As Figuras 26 e 27 apresentam os diagramas de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), referentes à interação entre os fatores Tempo*Grupo e Tempo*Maturação, respetivamente. Através da sua análise, foi possível verificar as alterações entre o MA1 e o MA2, considerando as variáveis independentes que apresentaram diferenças na análise ANOVA medidas repetidas, ou seja, os fatores Tempo*Grupo e Tempo*Maturação (Tabela 20).

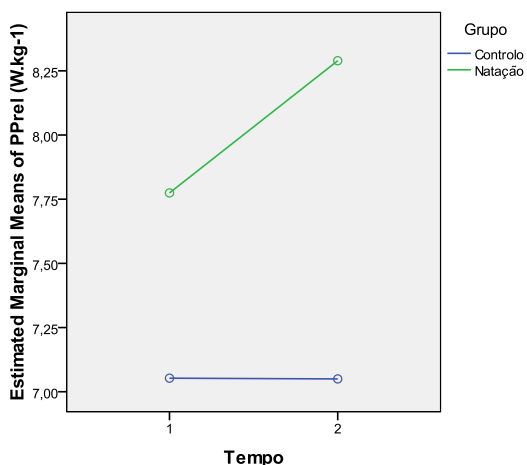


Figura 26: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo.

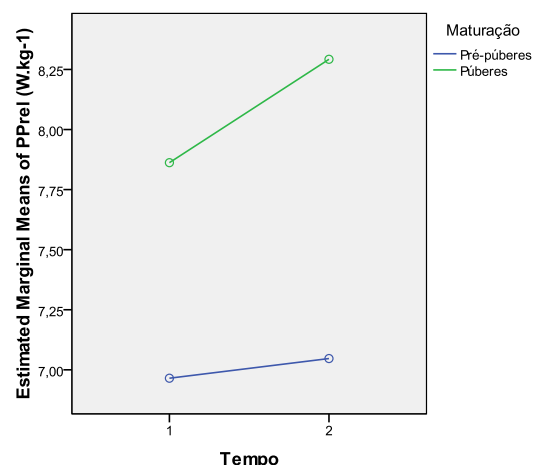


Figura 27: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Maturação.

Entre o MA1 e o MA2, verificou-se um aumento da variável PP_{rel} no grupo de natação, contudo, manteve-se semelhante no grupo de controlo (Figura 26). Relativamente ao nível maturacional, os pré-púberes obtiveram um aumento ligeiro na variável PP_{rel} , todavia, as melhorias foram mais acentuadas nos púberes (Figura 27).

As Figuras 28 e 29 apresentam os diagramas de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), respeitantes à interação entre os fatores Tempo*Sexo*Grupo, nomeadamente o sexo masculino e feminino, respetivamente.

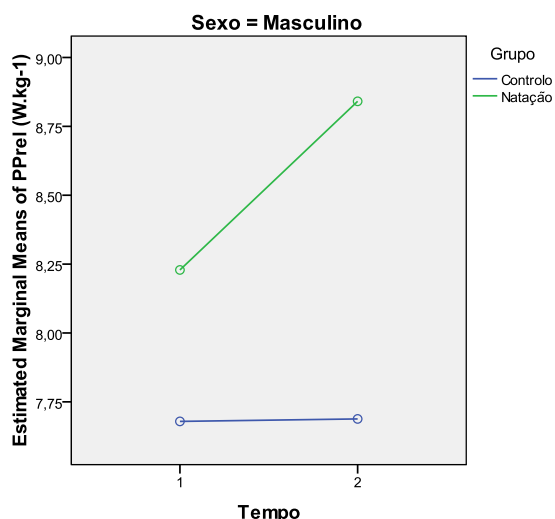


Figura 28: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Sexo, referente ao sexo masculino.

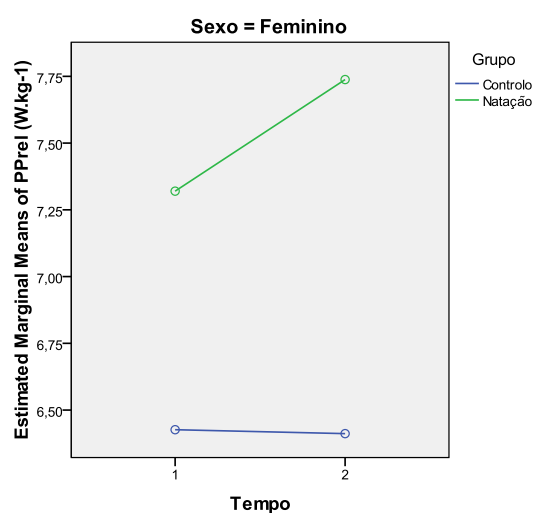


Figura 29: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Sexo, referente ao sexo feminino.

As Figuras 30 e 31 apresentam os diagramas de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), respeitantes à interação entre os fatores Tempo*Grupo*Maturação, nomeadamente o pré-púberes e púberes, respetivamente.

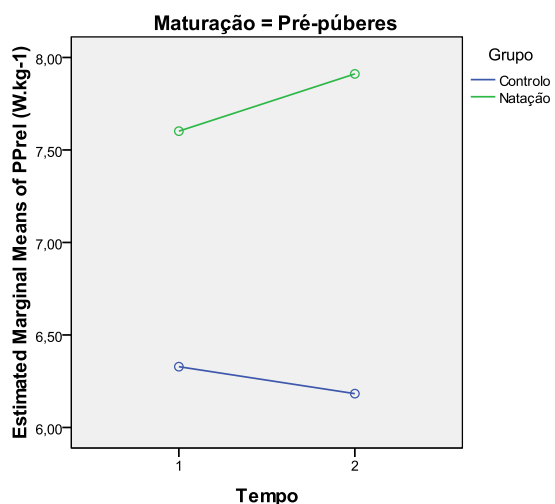


Figura 30: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos pré-púberes.

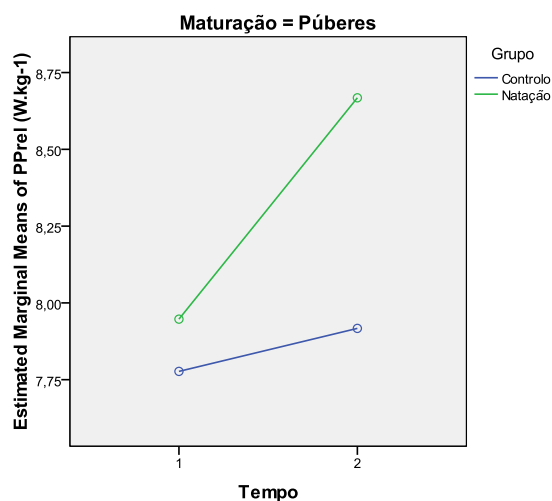


Figura 31: Diagrama de perfis das médias marginais na variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), considerando os fatores Tempo*Grupo*Maturação, referente aos púberes.

Relativamente à Figura 28, verifica-se o aumento da variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$) nos rapazes do grupo de natação (subgrupos NMPRE e NMPUB), não se registando alterações nos rapazes do grupo de controlo (subgrupos CMPRE e CMPUB). Quanto à Figura 29, é possível observar que a variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$) aumentou nas raparigas do grupo de natação (subgrupos NFPRE e NFPUB), permanecendo constante nas raparigas do grupo de controlo (subgrupos CFPRE e CFPUB).

Na Figura 30, verifica-se um ligeiro aumento da variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$) nos participantes pré-púberes do grupo de natação (subgrupos NMPRE e NFPRE) e uma ligeira diminuição nos pré-púberes do grupo de controlo (subgrupos CMPRE e CFPRE). Na Figura 31, observa-se um ligeiro aumento da variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$) nos púberes do grupo de controlo (subgrupos CMPUB e CFPUB), mas regista-se um aumento acentuado nos púberes do grupo de natação (subgrupos NMPUB e NFPUB).

4.5. Especialização metabólica

Com o objetivo de verificar a existência de especialização metabólica em crianças e adolescentes, praticantes da modalidade de natação ao longo de uma época desportiva, foram correlacionados os resultados da aptidão aeróbia (PVO_2 , PVO_{2rel}) e da aptidão anaeróbia (PP , PP_{rel} , AP , AP_{rel} , PVO_{2W} , PVO_{2relW}), nos diversos subgrupos e nos dois momentos de avaliação.

De destacar que as correlações foram realizadas tendo em consideração as variáveis da aptidão aeróbia e aptidão anaeróbia em termos absolutos (PVO_2 vs. PP ; PVO_2 vs. AP ; PVO_2 vs. PVO_{2W}) e relativos (PVO_{2rel} vs. PP_{rel} ; PVO_{2rel} vs. AP_{rel} ; PVO_{2rel} vs. PVO_{2relW}), de forma a relacionar dados em idêntica grandeza de medida.

A Tabela 21 apresenta os valores de correlação entre as variáveis da aptidão aeróbia e anaeróbia, nos dois momentos de avaliação, onde constam também as diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 21: Valores de correlação entre os resultados das variáveis do teste da aptidão aeróbia e do teste da aptidão anaeróbia, nos diversos subgrupos da amostra e nos dois momentos de avaliação.

Variáveis	Tempo	Grupo de Natação				Grupo de Controlo			
		NMPRE (n=10)	NFPRE (n=6)	NMPUB (n=10)	NFPUB (n=10)	CMPRE (n=10)	CFPRE (n=6)	CMPUB (n=10)	CFPUB (n=10)
PVO ₂ vs. PP	MA1	0,742*	0,667	0,459	0,706*	0,635*	0,619	0,893**	0,656*
	MA2	0,623	0,886*	0,454	0,017	0,316	0,838*	0,749*	0,379
PVO ₂ vs. MP	MA1	0,644*	0,590	0,540	0,308	0,615	0,393	0,733*	0,658*
	MA2	0,597	0,891*	0,566	0,025	0,282	0,779	0,777*	0,503
PVO ₂ vs. PVO _{2W}	MA1	0,774**	0,675	0,858**	0,474	0,570	-0,140	0,872**	0,951**
	MA2	0,637*	0,942**	0,536	0,410	0,330	0,198	0,767**	0,828**
PVO _{2rel} vs. PP _{rel}	MA1	0,550	0,057	0,295	0,544	0,305	0,917**	0,572	0,384
	MA2	0,121	0,642	0,364	0,100	0,191	0,653	0,334	-0,453
PVO _{2rel} vs. MP _{rel}	MA1	0,531	-0,115	0,407	0,495	0,498	0,911*	0,540	0,553
	MA2	0,245	0,560	0,500	0,469	0,436	0,761	0,554	0,456
PVO _{2rel} vs. PVO _{2relW}	MA1	0,614	0,314	0,833**	0,143	0,316	0,583	0,626	0,885**
	MA2	0,707*	0,632	0,442	0,813**	0,337	0,194	0,703*	0,734*

Nota: NMPRE – subgrupo de natação masculinos pré-púberes; NFPRE – subgrupo de natação femininos pré-púberes; NMPUB – subgrupo de natação masculinos púberes; NFPUB – subgrupo de natação femininos púberes; CMPRE – subgrupo de controlo masculinos pré-púberes; CFPRE – subgrupo de controlo femininos pré-púberes; CMPUB – subgrupo de controlo masculinos púberes; CFPUB – subgrupo de controlo femininos púberes; PVO₂ – pico de VO₂ do teste de Balke; PVO_{2rel} – pico de VO₂ relativo do teste de Balke; PVO_{2W} – pico de VO₂ do WAnT; PVO_{2relW} – pico de VO₂ relativo do WAnT; PP – potência mecânica máxima; PP_{rel} – potência mecânica máxima relativa; MP – potência mecânica média; MP_{rel} – potência mecânica média relativa; MA1 – momento de avaliação 1; MA2 – momento de avaliação 2.

* Correlação significativa no nível 0,05; ** Correlação significativa no nível 0,01.

4.5.1. Momento de avaliação 1

Ao analisar as variáveis em termos absolutos, no MA1 (Tabela 21), verificam-se correlações significativas entre as variáveis PVO_2 vs. PP, nos subgrupos NMPRE ($r=0,742$; $p=0,014$), NFPUB ($r=0,706$; $p=0,023$), CMPRE ($r=0,635$; $p=0,049$), CMPUB ($r=0,893$; $p<0,001$) e CFPUB ($r=0,656$; $p=0,039$).

Quanto às variáveis PVO_2 vs. AP, verificou-se uma tendência semelhante às variáveis anteriores, registrando-se correlações significativas nos subgrupos NMPRE ($r=0,644$; $p=0,045$), CMPUB ($r=0,733$; $p=0,016$) e CFPUB ($r=0,658$; $p=0,039$).

Relativamente às variáveis PVO_2 vs. PVO_{2W} , foram encontradas correlações significativas nos subgrupos NMPRE ($r=0,774$; $p=0,009$), NMPUB ($r=0,858$; $p=0,001$), CMPUB ($r=0,872$; $p=0,001$) e CFPUB ($r=0,951$; $p<0,001$).

Quando a análise das mesmas variáveis foi realizada em termos relativos, verificaram-se correlações significativas no subgrupo CFPRE nas variáveis PVO_{2rel} vs. PP_{rel} ($r=0,917$; $p=0,010$) e PVO_{2rel} vs. AP_{rel} ($r=0,911$; $p=0,012$), sendo que nas variáveis PVO_{2rel} vs. PVO_{2relW} verificou-se correlação significativa nos subgrupos NMPUB ($r=0,833$; $p=0,003$) e CFPUB ($r=0,885$; $p=0,001$).

As Figuras 32 e 33 apresentam a relação entre as variáveis PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$) no MA1, nos subgrupos de natação e de controlo, respetivamente.

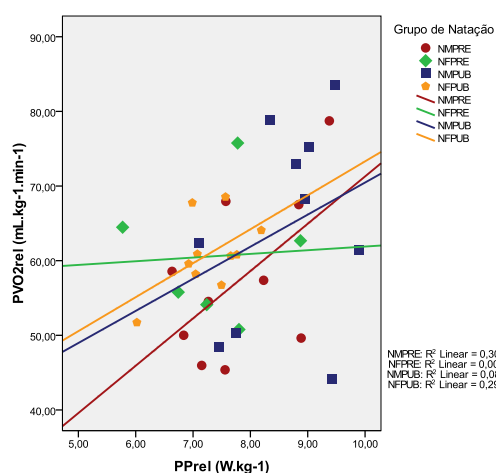


Figura 32: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), nos subgrupos de natação, relativo ao momento de avaliação 1.

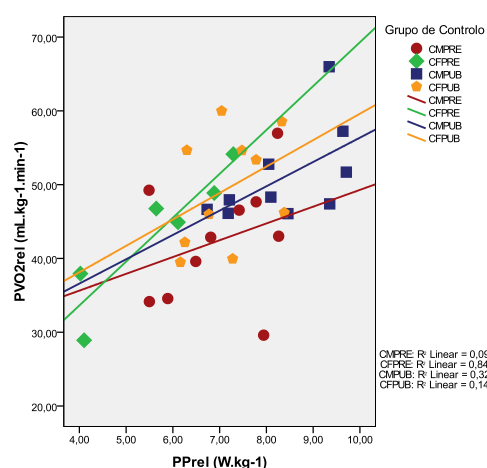


Figura 33: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável PP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), nos subgrupos de controlo, relativo ao momento de avaliação 1.

As Figuras 34 e 35 apresentam a relação entre as variáveis PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e MP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$) no MA1, nos subgrupos de natação e de controlo, respetivamente.

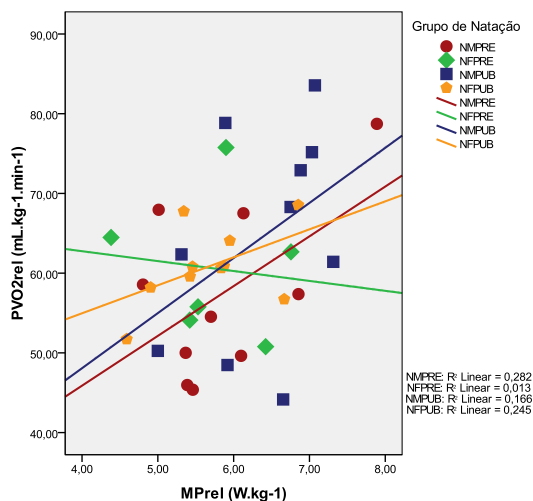


Figura 34: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável MP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), nos subgrupos de natação, relativo ao momento de avaliação 1.

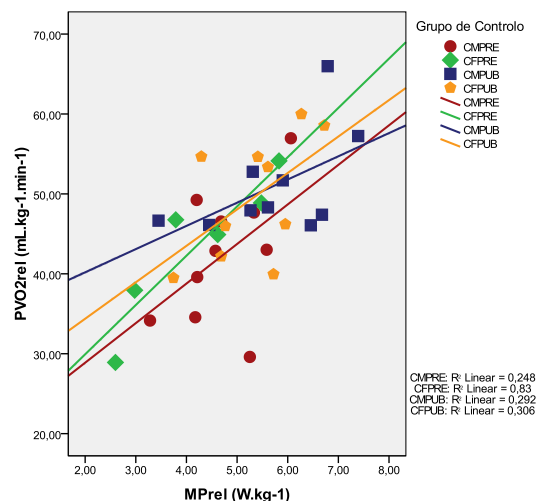


Figura 35: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável MP_{rel} ($W \cdot kg^{-1}$), nos subgrupos de controlo, relativo ao momento de avaliação 1.

Através da análise das Figuras 32 e 33, foram observadas regressões lineares baixas nos diversos subgrupos, à exceção do subgrupo CFPRE, em que as duas variáveis se encontram muito associadas ($R^2=0,841$), sendo comprovada pela correlação existente ($r=0,917$; $p=0,010$ – Tabela 21).

Nas Figuras 34 e 35, observam-se igualmente regressões lineares baixas nos diversos subgrupos, à exceção do subgrupo CFPRE, em que as duas variáveis se encontram muito associadas ($R^2=0,83$), comprovando a correlação existente ($r=0,911$; $p=0,012$ – Tabela 7).

Nas Figuras 36 e 37 encontram-se as relações entre as variáveis PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e PVO_{2relW} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) no MA1, nos subgrupos de natação e de controlo, respetivamente, sendo a regressão linear algo elevada nos subgrupos NMPUB ($R^2=0,693$) e CFPUB ($R^2=0,783$), associadas às correlações observáveis na Tabela 21.

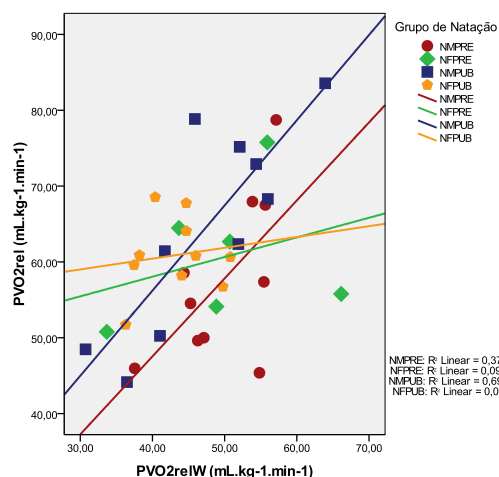


Figura 36: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável PVO_{2relW} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), nos subgrupos de natação, relativo ao momento de avaliação 1.

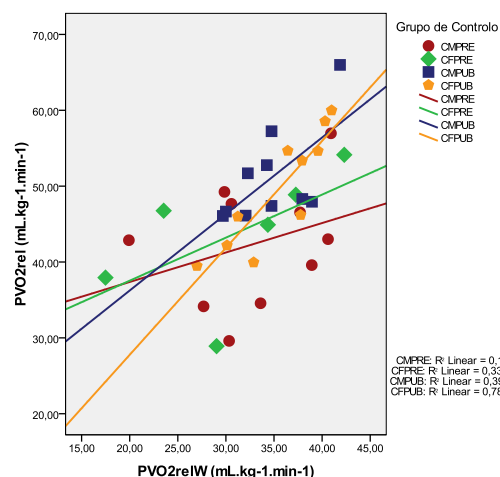


Figura 37: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a variável PVO_{2relW} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), nos subgrupos de controlo, relativo ao momento de avaliação 1.

4.5.2. Momento de avaliação 2

No MA2, verificaram-se correlações significativas entre as variáveis PVO_2 vs. PP, nos subgrupos NFPRE ($r=0,886$; $p=0,019$), CFPRE ($r=0,838$; $p=0,037$) e CMPUB ($r=0,749$; $p=0,013$).

Entre as variáveis PVO_2 vs. MP, encontraram-se correlações significativas nos subgrupos, NFPRE ($r=0,891$; $p=0,017$) e CMPUB ($r=0,777$; $p<0,001$).

Relativamente às variáveis PVO_2 vs. PVO_{2W} , verificaram-se correlações significativas nos subgrupos NMPRE ($r=0,637$; $p=0,047$), NFPRE ($r=0,942$; $p=0,005$), CMPUB ($r=0,767$; $p=0,010$) e CFPUB ($r=0,828$; $p=0,003$).

Nas relações entre todas as variáveis, em termos relativos, apenas se verificou a existência de correlações significativas entre as variáveis PVO_{2rel} vs. PVO_{2relW} nos subgrupos NMPRE ($r=0,707$; $p=0,022$), NFPUB ($r=0,813$; $p=0,004$), CMPUB ($r=0,703$; $p=0,023$) e CFPUB ($r=0,734$; $p=0,016$).

As Figuras 38 e 39 mostram as relações entre as variáveis PVO_{2rel} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e PVO_{2relW} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) no MA2, nos subgrupos de natação e de controlo, respetivamente.

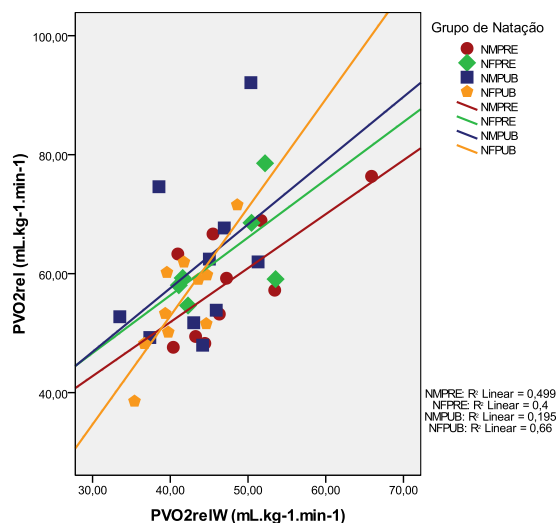


Figura 38: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e a variável PVO_{2relW} ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), nos subgrupos de natação, relativo ao momento de avaliação 2.

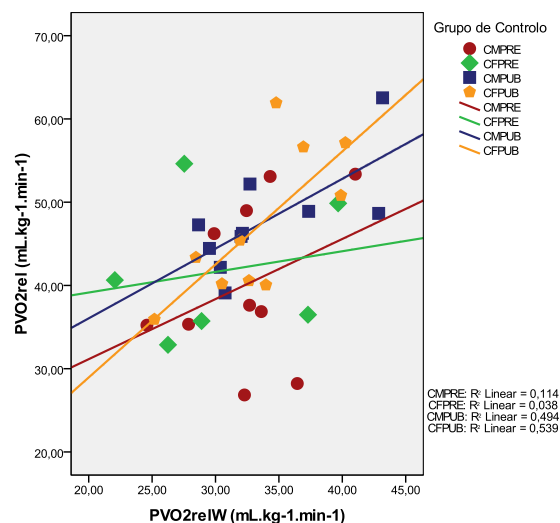


Figura 39: Gráfico de relação entre a variável PVO_{2rel} ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e a variável PVO_{2relW} ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), nos subgrupos de controlo, relativo ao momento de avaliação 2.

No grupo de natação (Figura 38), verificam-se também regressões lineares relativamente elevadas entre as variáveis PVO_{2rel} ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e PVO_{2relW} ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) nos subgrupos NMPRE ($R^2=0,499$) e NFPUB ($R^2=0,66$), identificando as associações entre as variáveis com as correlações existentes nos mesmos subgrupos NMPRE ($r=0,707$; $p=0,022$) e NFPUB ($r=0,813$; $p=0,004$).

No grupo de controlo (Figura 39), é possível observar regressões lineares elevadas entre as variáveis PVO_{2rel} ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e PVO_{2relW} ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) nos subgrupos CMPUB ($R^2=0,494$) e CFPUB ($R^2=0,539$), demonstrando as associações entre estas variáveis com as correlações existentes nos mesmos subgrupos CMPUB ($r=0,703$; $p=0,023$) e CFPUB ($r=0,734$; $p=0,016$).

Capítulo V

Discussão

5.1. Introdução

Neste capítulo pretendemos efetuar uma discussão dos resultados obtidos no estudo, enquadrando-os com a literatura pediátrica. Para além disso, ambicionamos discutir e analisar as limitações do estudo na análise aos resultados obtidos.

A estrutura será semelhante ao capítulo anterior, considerando os objetivos definidos e abordando inicialmente as características morfológicas e maturacionais da amostra, seguidamente os resultados da aptidão aeróbia e da aptidão anaeróbia, e, por último, a especialização metabólica.

Em cada subcapítulo, inicialmente são discutidos os resultados obtidos no MA1 e de seguida são analisadas as interações entre os fatores Tempo e as variáveis independentes (Sexo, Grupo e Maturação).

5.2. Caracterização e comparação morfológica e maturacional

5.2.1. Momento de avaliação 1

No MA1, as características morfológicas e maturacionais apresentaram algumas diferenças estatisticamente significativas nos diversos subgrupos. Em primeiro lugar, convém salientar que estas diferenças são limitadas pela seleção da amostra, nomeadamente, o facto de serem grupos não-equivalentes, isto é, não sendo representativas de todas as crianças e adolescentes praticantes de natação e não praticantes de qualquer modalidade desportiva (Trochim, 2006).

Para além disso, algumas das diferenças poderão simplesmente refletir os critérios de identificação, seleção e desenvolvimento de talentos nas idades de iniciação desportiva (Malina, 2008, 2009), que fizeram com que estes os participantes fossem encaminhados para a modalidade de natação pura desportiva, podendo estar subjacentes fatores genéticos que proporcionem uma maior predisposição para essa prática (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Malina, 2008).

A análise das características morfológicas e maturacionais torna-se essencial para a comparação da performance em esforços de aptidão aeróbia e anaeróbia em

crianças e adolescentes (Bar-Or & Roland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005), uma vez que, as variáveis idade, altura, peso e composição corporal, podem influenciar os resultados nesses tipos de esforços.

Relativamente à variável idade, esta foi significativamente superior nos rapazes púberes do grupo de natação (NMPUB) e de controlo (CMPUB), comparativamente com os restantes subgrupos. Nas raparigas púberes, os subgrupos NFPUB e CFPUB apresentam uma idade significativamente superior ao subgrupo CFPRE, contudo, não se verificou essa diferença comparativamente aos restantes subgrupos pré-púberes (NMPRE, NFPRE e CMPRE). Esta proximidade de idade poderá originar resultados semelhantes, entre estes subgrupos de níveis maturacionais diferentes, em algumas variáveis da aptidão aeróbia e anaeróbia. Entre os subgrupos do grupo de natação e do grupo de controlo, verificou-se uma idade semelhante, não devendo esta explicar as diferenças na aptidão aeróbia e anaeróbia entre participantes treinados e não treinados, do mesmo sexo e nível maturacional (e.g., NMPRE vs. CMPRE).

Quanto à variável altura, verificou-se uma tendência para ser significativamente superior nos rapazes e nos púberes comparativamente com as raparigas e os pré-púberes. Esta análise simplista parece consensualmente aceite na literatura relacionada com o crescimento e maturação (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008; Beunen & Malina, 2008; Claessens *et al.*, 2008; Malina & Beunen, 2008).

Ribeiro (2007) observou valores de altura significativamente superiores nos nadadores púberes, comparativamente com as nadadoras púberes, bem como valores significativamente superiores nos nadadores e nadadoras púberes comparativamente com os pré-púberes. No presente estudo, os rapazes púberes de ambos os grupos (NMPUB e CMPUB) apresentaram um valor médio de altura significativamente superior às raparigas púberes do grupo de controlo (CFPUB), porém, não foi significativamente superior às nadadoras (NFPUB). Os subgrupos púberes (NMPUB, NFPUB e CMPUB) apresentaram-se significativamente mais altos do que os subgrupos pré-púberes, à exceção da comparação entre o subgrupo NFPUB e CMPRE.

Os subgrupos pré-púberes, de ambos os sexos e grupos (NMPRE, NFPRE, CMPRE e CFPRE), apresentaram valores médios semelhantes, estando de acordo com os valores de altura considerados normais na literatura (Malina *et al.*, 2004; Baxter-

Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008). O mesmo se verifica quando comparamos os subgrupos púberes, ou seja, o subgrupo NMPUB com o CMPUB e o subgrupo NFPUB com o CFPUB. Apesar de tendencialmente estes dois subgrupos de natação serem relativamente mais altos do que os subgrupos de controlo, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas. Num estudo longitudinal (Erlandson *et al.*, 2008), não foi encontrado impacto do treino regular na estatura final adulta em nadadoras.

Os resultados obtidos nesta variável no grupo de natação vão de encontro a estudos identificados na literatura (Tabela 1), referentes a nadadores portugueses (Maia *et al.*, 1988; Fernandes, 1999; Pires *et al.*, 2000; Rama *et al.*, 2006), mas também a nadadores de outras nacionalidades (Wells *et al.*, 2006; Schneider & Meyer, 2005; Santos *et al.*, 2007; Erlandson *et al.*, 2008; McNarry *et al.*, 2011a), considerando o sexo e a mesma faixa etária.

Se analisarmos relativamente ao nível maturacional, nomeadamente, através da avaliação da pilosidade púbica, Ribeiro (2007), encontrou valores médios de altura inferiores nos nadadores pré-púberes, do sexo masculino (136,5 cm) e feminino (131,3 cm), relativamente aos encontrados no presente estudo, nos subgrupos NMPRE (142,3 cm) e NFPRE (140,4 cm), todavia, apesar de todos se terem autoavaliado como pré-púberes quanto ao desenvolvimento da pilosidade púbica (nível 1 de índice de Tanner), as idades são inferiores nesse estudo (Tabela 1), o que pode explicar os valores obtidos. Por outro lado, são ainda reportados valores superiores (149,5 cm) em nadadores pré-púberes masculinos dos 11 aos 12 anos (Bruno *et al.*, 2011) e nadadoras pré-púberes femininas (148 cm) dos 10 aos 12 anos (McNarry *et al.*, 2011a), mas em idades superiores ao do presente estudo.

No subgrupo de nadadores do sexo masculino púberes, Ribeiro (2007) encontrou valores médios (165,5 cm) ligeiramente inferiores ao presente estudo (166,9 cm no subgrupo CMPUB), apesar do desenvolvimento da pilosidade púbica ser superior (nível 4 de índice de Tanner) comparativamente com o presente estudo (nível 3,6 de índice de Tanner no subgrupo CMPUB). Quanto ao subgrupo de raparigas púberes do grupo de natação (NFPUB), o valor obtido na altura foi inferior no presente estudo (152,7 vs. 160,0 cm), sendo compreensível porque as idades (11,3 vs. 12,6 anos) e os valores do

estádio de desenvolvimento da pilosidade púbica (nível 3,4 vs. 4 de índice de Tanner), que foram superiores no estudo de Ribeiro (2007).

Através da análise da variável peso, observaram-se valores tendencialmente superiores no grupo de controlo, mas não se registaram diferenças considerando o mesmo nível maturacional e sexo, devido à grande dispersão dos dados. Porém, verificou-se uma tendência inversa entre o subgrupo NFPUB e o CFPUB, podendo este facto estar dependente da seleção da amostra (Trochim, 2006). Por outro lado, o baixo número de participantes em cada subgrupo poderá limitar o possível aparecimento de diferenças estatisticamente significativas entre o grupo de natação e o grupo de controlo nesta variável.

Comparando esta variável com a literatura referente a nadadores portugueses, os valores médios de peso são semelhantes aos diversos estudos identificados em idades semelhantes (Maia *et al.*, 1988; Fernandes, 1999; Pires *et al.*, 2000; Rama *et al.*, 2006), e em níveis maturacionais semelhantes (Ribeiro, 2007). Verificou-se ainda uma tendência para um maior valor médio da variável peso nos púberes comparativamente com os pré-púberes, tal como referenciado na literatura (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008), no entanto, apenas se verificaram diferenças estatisticamente superiores nos subgrupos NMPUB (exceto quando comparado com o CMPRE) e CMPUB relativamente aos subgrupos pré-púberes (NMPRE, NFPRE, CMPRE e NFPRE). Existiu também uma tendência para um peso superior nos rapazes comparativamente com as raparigas (Ribeiro, 2007), contudo, apenas se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os subgrupos NMPUB e CFPUB e entre o subgrupo CMPUB e os subgrupos NFPUB e CFPUB.

Considerando a comparação entre o grupo de controlo e o grupo de natação, no mesmo sexo e nível maturacional, apesar dos valores médios de peso serem um pouco diferentes não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas, permitindo sugerir que as diferenças na aptidão aeróbia e anaeróbia entre os grupos não deverão dever-se a este facto.

O IMC foi tendencialmente superior no grupo de controlo comparativamente com o grupo de natação (apenas não verificável no subgrupo NFPUB em comparação com o CFPUB), tal como sugerido por Strong *et al.* (2005), porém, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Nos púberes o IMC foi

tendencialmente superior, nomeadamente sendo significativo no subgrupo CMPUB relativamente aos subgrupos NMPRE e NFPRE. Por outro lado, o IMC foi tendencialmente superior no sexo masculino comparativamente com o sexo feminino, mas apenas com diferenças significativas entre o subgrupo CMPUB e o CFPUB.

A tendência para uma menor percentagem de MG nos subgrupos de natação, corrobora os resultados apresentados por diversos autores (Malina, 1989; Jolliffe & Janssen, 2006; Baker, Olsen & Sorensen, 2007; Strong *et al.*, 2005; Malina, 2009; Slater *et al.*, 2013), sendo que uma reduzida MG se encontra associada com o melhor desempenho na modalidade de natação nas características de resistência, potência e força (Pyne & Goldsmith, 2005). Não foram registadas diferenças entre os sexos, nem entre os níveis maturacionais.

Quanto à variável índice de Tanner, verificaram-se valores semelhantes nos subgrupos púberes, de ambos os grupos e sexos, no entanto, as interpretações da performance devem ser cuidadosas, devido às diferenças no *timing* e *tempo* de maturação sexual (Malina *et al.*, 2004; Sherar *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008; Claessens *et al.*, 2008; Malina & Beunen, 2008).

5.2.2. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes

A interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes (Sexo, Grupo e Maturação) permitiu identificar quais as características morfológicas e maturacionais que sofreram influência dos fatores considerados ao longo do fator Tempo (entre o MA1 e o MA2). Assim, a análise da interação entre os fatores revelou algumas interações significativas (Tabela 16).

Na variável idade, a interação significativa entre os fatores Tempo*Maturação ($p=0,001$), indicia um aumento da idade nos subgrupos púberes. Este resultado pode ser explicado devido ao aumento significativo da idade nos subgrupos púberes (NMPUB, NFPUB e CFPUB), enquanto nos subgrupos pré-púberes apenas se verificou um aumento significativo no subgrupo NMPRE. O controlo da idade cronológica é essencial devido a algumas diferenças nas variáveis da aptidão aeróbia e anaeróbia

ocorrerem com o aumento da idade (Bar-Or & Roland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005).

Relativamente à variável altura, constatou-se um aumento significativo em todos os subgrupos. Neste estudo, apenas se pretendeu avaliar esta variável de forma a caracterizar os diversos subgrupos, verificando a existência de diferenças que sugerissem alterações na aptidão aeróbia e anaeróbia (Bar-Or & Roland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005).

A interação entre os fatores Tempo*Maturação corrobora os valores observados nas curvas típicas de crescimento em altura (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008), nomeadamente a existência de uma taxa de crescimento superior nos púberes comparativamente com os pré-púberes (Malina *et al.*, 2004; Malina & Beunen, 2008; Beunen & Malina, 2008; Malina, 2008, 2009).

Apesar de não se revelar significativa a interação entre os fatores Tempo*Sexo, verificou-se tendencialmente uma taxa de crescimento superior nos rapazes, podendo, eventualmente, ser explicada pelo facto dos rapazes experienciarem um pico de velocidade de crescimento em altura cerca de 2 cm superior do que as raparigas (Malina *et al.*, 2004).

No entanto, o crescimento em altura foi semelhante nos pré-púberes, independentemente do grupo e do sexo. Desta forma, podemos concluir que o crescimento em altura foi diferente entre pré-púberes e púberes, sendo que durante a puberdade existiu a tendência para aumentarem as diferenças entre os sexos.

Entre os dois momentos de avaliação, verificou-se a tendência de aumento da variável peso em todos os subgrupos, no entanto, apenas foi significativo nos subgrupos NMPUB, NFPUB, CFPRE e CFPUB.

Nesta variável, a interação entre o Tempo*Maturação ($p=0,005$), parece associado com as curvas de crescimento desta variável (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008), que mostram uma taxa de crescimento superior no período pubertário.

Assim, a taxa de crescimento da variável peso foi diferente considerando a maturação, porém, semelhante entre o grupo de natação e de controlo e entre o sexo masculino e feminino.

A interação entre o Tempo*Sexo na variável IMC, evidenciou um aumento nas raparigas e uma ligeira diminuição nos rapazes ($p=0,047$), associada com o aumento significativo nesta variável observada no subgrupo CFPUB entre os dois momentos de avaliação. No entanto, o IMC apresenta-se algo limitado a sua aplicação para a determinação da composição corporal (Malina, 2007; Malina & Beunen, 2008), sendo por esse motivo avaliada a percentagem de MG.

A existência de uma interação entre o Tempo*Grupo, identificou uma diminuição significativa da percentagem de MG no grupo de natação, comparativamente com o grupo de controlo, especificamente nos subgrupos NMPRE, NMPUB e NFPUB. Na literatura são geralmente observados baixos níveis de gordura em crianças e adolescentes praticantes de diversas modalidades desportivas (Malina, 1989; Jolliffe & Janssen, 2006; Baker, Olsen & Sorensen, 2007; Strong *et al.*, 2005; Malina, 2009; Slater *et al.*, 2013). Apesar da tendência para um menor valor também no subgrupo NFPRE, este não se verificou estatisticamente significativo, provavelmente devido ao reduzido n da amostra e devido ao valor de a percentagem de MG no MA1 ser inferior no NFPRE comparando com todos os restantes subgrupos. Estes resultados sugerem que a prática desportiva permite diminuir a percentagem de MG em crianças e adolescentes atletas.

Por outro lado, a interação entre os fatores Tempo*Sexo, mostrou um aumento superior da percentagem de MG nas raparigas, principalmente devido às diferenças no subgrupo CFPUB, sugerindo alterações decorrentes do crescimento e maturação na composição corporal entre os sexos, designadamente o aumento da massa muscular e tecido ósseo nos rapazes e um aumento do tecido adiposo nas raparigas, principalmente durante a puberdade (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Baxter-Jones, 2008).

Os resultados destas interações podem ser interpretados através da observação das Figuras 14, 15, 16 e 17, onde são apresentadas os diagramas de perfis das médias marginas na variável MG, destacando as interações no Sexo, Grupo e Maturação.

Na variável índice de Tanner, a interação entre os fatores Tempo*Maturação indicia um aumento significativo nos púberes, decorrentes da fase de desenvolvimento em que se encontravam. Esta variável serviu para classificar os participantes de acordo

com o nível maturacional nos dois momentos de avaliação, não tendo como objetivo avaliar a variabilidade individual no *timing* e *tempo* de maturação (Sherar *et al.*, 2004).

Em suma, verificaram-se alterações nas características morfológicas e maturacionais, entre o MA1 e o MA2, que evidenciam diferenças ao nível do crescimento somático e maturação biológica entre os sexos, grupos e maturação.

5.3. Caracterização e comparação da aptidão aeróbia

5.3.1. Momento de avaliação 1

Tal como foi referido para as características morfológicas e maturacionais, a análise do desempenho em esforços de características aeróbias no MA1 podem indicar influências genéticas, do treino, ou ambas (Armstrong *et al.*, 2011; Armstrong, 2014).

Relativamente aos resultados no MA1, a variável PRF foi semelhante entre os sexos, tal como evidenciado por Rowland & Cunningham (1997), mas também semelhante entre os grupos e níveis maturacionais. Segundo Fawkner (2007), as alterações na função pulmonar encontram-se mais associadas com a ventilação e volume corrente.

A variável PTV aumenta proporcionalmente ao aumento da massa corporal (Mercier *et al.*, 1991; Rowland & Cunningham, 1997), e com o aumento da idade (Fawkner, 2007), corroborando os resultados do estudo que mostraram tendencialmente valores mais elevados nos púberes e nos participantes do sexo masculino. Contudo, os resultados não identificaram diferenças entre os grupos.

Quanto à variável PV_E , foi tendencialmente superior no grupo de natação relativamente ao grupo de controlo, contudo, apenas se verificaram diferenças significativas entre o subgrupo NFPUB e CFPUB. Os púberes tendem a apresentar valores superiores nesta variável, nomeadamente com os subgrupos NMPUB e CMPUB com valores significativamente superiores a todos os subgrupos pré-púberes, e o NFPUB com valores significativamente superiores aos subgrupos CMPRE e CFPRE. Estes resultados são consistentes com a observação de valores superiores de PV_E com o aumento da idade (Bar-Or & Rowland, 2004; Fawkner, 2007).

Verificou-se ainda uma tendência para os valores serem superiores nos rapazes comparativamente com as raparigas, com os subgrupos NMPUB e CMPUB com valores significativamente superiores ao subgrupo CFPUB, e com o subgrupo NMPUB significativamente superior ao subgrupo NFPUB, não se constatando diferenças entre os subgrupos pré-púberes. Os valores de PV_E encontrados no presente estudo encontram-se dentro dos valores encontrados na literatura (Al-Hazzaa *et al.*, 1998; Williams *et al.*, 2000; Pitetti *et al.*, 2002; Fernandes, 2006; Hoff *et al.*, 2002; Di Paco *et al.*, 2014).

Relativamente à variável PVO_2 , o valor médio foi tendencialmente superior no grupo de natação, mas apenas significativo entre o subgrupo NFPUB e o CFPUB, tal como evidenciado na literatura (Baquet *et al.*, 2003; Armstrong *et al.*, 2011; Armstrong & Barker, 2011).

Os resultados não mostraram diferenças entre os sexos nos pré-púberes, contrariando alguns estudos que identificaram diferenças (Armstrong *et al.*, 1991; Armstrong, Kirby, McManus, & Welsman, 1995; Armstrong & Welsman, 2001; Armstrong & Fawcner, 2007; Dencker *et al.*, 2008; Armstrong *et al.*, 2008, 2011). Quanto às diferenças entre os sexos nos púberes, Armstrong *et al.* (1999) e Armstrong & Welsman (2001) mostraram que estas aumentam com o aumento da idade, tendo obtido valores de cerca de 10% superiores no PVO_2 nos participantes masculinos pré-púberes comparativamente com as participantes do sexo feminino, aumentando para cerca de 49% entre os sexos aos 17 anos de idade. No presente estudo, os participantes masculinos púberes (NMPUB e CMPUB), apresentaram valores superiores às participantes do sexo feminino (NFPUB e CFPUB), e apenas não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre o subgrupo NMPUB e NFPUB, apesar dos valores médios terem sido diferentes (3,6 vs. 2,8 $L \cdot min^{-1}$), o desvio padrão é bastante acentuado principalmente no subgrupo NMPUB. Estes resultados parecem ser devido ao superior PSV, bem como o aumento da massa muscular e da concentração de hemoglobina nos rapazes (Armstrong, 2014), no entanto, não foram realizadas coletas sanguíneas no presente estudo de forma a comprovar esse facto.

Por outro lado, verificou-se que os participantes púberes obtiveram valores médios significativamente superiores aos participantes pré-púberes (Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Armstrong *et al.*, 2008, 2011). Estes resultados podem ser comprovados pelo facto dos subgrupos NMPUB, NFPUB e

CMPUB terem obtido um PVO_2 significativamente superior aos subgrupos pré-púberes, à exceção da comparação entre o NFPUB e o NFPRE. Os valores encontrados na literatura entre os 8 e os 16 anos mostram um aumento de cerca de 150% nos rapazes e de 80% nas raparigas (Armstrong *et al.*, 2011).

Os valores observados nos participantes do grupo de natação e de controlo encontram-se semelhantes aos da literatura em crianças e adolescentes treinados (Fernandes, 2006; McNarry *et al.*, 2011a) e não treinados (Armstrong *et al.*, 1999; Armstrong & Welsman, 2001; Fawcner & Armstrong, 2004).

Apesar de esta variável estar bem documentada e ser importante para compreender as alterações na PA com o crescimento, maturação e sexo, é imprescindível ter em conta o peso corporal na comparação entre os diversos subgrupos.

Nesse sentido, quando analisamos os resultados da variável em termos relativos, PVO_{2rel} , verificaram-se valores médios no grupo de natação, entre os 57,6 e os 64,5 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, tendencialmente superiores aos do grupo de controlo, entre os 42,4 e os 51 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, mas apenas se verificaram diferenças significativas entre os subgrupos NFPUB e CFPUB. Esta análise encontra-se limitada pelo reduzido n da amostra.

Contudo, os valores apresentados pelo grupo de natação encontram-se entre os valores referenciados na literatura para atletas (Armstrong *et al.*, 2011; Armstrong & Barker, 2011; Barker *et al.*, 2011; Armstrong, 2014), designadamente em estudos com jovens nadadores (Armstrong & Davies, 1981; Armstrong *et al.*, 1983; Fernandes, 2006; McNarry *et al.*, 2011a), sugerindo uma maior PA comparada com o grupo de controlo, que possui valores semelhantes aos da literatura para crianças e adolescentes não praticantes de qualquer modalidade desportiva (McManus *et al.*, 1997; Bloxham *et al.*, 2005; Andreacci *et al.*, 2007).

Nesta variável não se verificaram diferenças entre os sexos, todavia, os pré-púberes do sexo masculino e feminino (50 vs. 52,1 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, respetivamente) tenderam a apresentar valores inferiores aos púberes do sexo masculino e feminino (57,8 vs. 55,2 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, respetivamente). Estes resultados, parecem identificar algumas diferenças entre os níveis maturacionais, contudo, foram apenas comprovados estatisticamente entre os subgrupos NMPUB e NFPUB que apresentaram um valor médio significativamente superior ao subgrupo CMPRE.

Quanto à variável PRER, não se observaram diferenças entre os grupos, sexos e nível maturacional, comprovando os valores médios comumente reportados na literatura, de aproximadamente 1,05 (Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008), sendo semelhantes entre os sexos (Armstrong & Welsman, 2001; Fawcner & Armstrong, 2004; Winsley, Fulford, Roberts, Welsman, & Armstrong, 2009), níveis maturacionais (Armstrong & Welsman, 2001) e grupos de treinados e não treinados (Fernandes, 2006; McNarry *et al.*, 2011a). O mesmo se verificou no presente estudo, não tendo sido verificadas diferenças entre os diversos subgrupos.

Quanto à variável PRER, na literatura são comumente observados valores médios de 1,05 (Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008), sendo semelhantes entre os sexos (Armstrong & Welsman, 2001; Fawcner & Armstrong, 2004; Winsley *et al.*, 2009), níveis maturacionais (Armstrong & Welsman, 2001) e grupos de treinados e não treinados (Fernandes, 2006; McNarry *et al.*, 2011a). O mesmo se verificou no presente estudo, não se registrando diferenças entre os diversos subgrupos.

Quanto à variável PHR são relatados valores médios de 200 $\text{bts}\cdot\text{min}^{-1}$ (Armstrong & Fawcner, 2007; Armstrong & Welsman, 2008), tendo sido observados no presente estudo valores semelhantes entre os grupos, níveis maturacionais e sexos. Os resultados corroboram os estudos na literatura que identificaram valores de PHR independentemente da idade (Armstrong *et al.*, 1991, 1995), maturação (Armstrong *et al.*, 1991, 1998, 2001) e sexo (Armstrong *et al.*, 1995; Vinet *et al.*, 2003). Na literatura também não parecem existir diferenças nesta variável entre atletas jovens e não atletas (Winsley, 2007; Armstrong *et al.*, 2011), pelo menos na modalidade de natação no sexo feminino (McNarry *et al.*, 2011a).

O valor médio de PQ foi tendencialmente superior no grupo de natação, porém, apenas se verificaram valores significativamente superiores no subgrupo NFPUB comparativamente com o CFPUB. Os resultados mostraram valores significativamente superiores nos púberes, no entanto, quando apresentados em termos relativos são semelhantes entre crianças, adolescentes e adultos (Vinet *et al.*, 2002; Winsley, 2007). Por outro lado, os resultados foram significativamente superiores no sexo masculino, tal como os encontrados por Rowland *et al.* (2000). Os resultados obtidos no presente estudo encontram-se semelhantes aos da literatura em crianças não treinadas do sexo

masculino e feminino (Winsley *et al.*, 2009), tal como em nadadoras pré-púberes (McNarry *et al.*, 2011a).

A variável PSV é maioritariamente responsável pelas alterações no PQ, uma vez que o PHR foi semelhante entre os subgrupos (Winsley, 2007). Os resultados foram tendencialmente superiores no grupo de natação em comparação com o grupo de controlo, porém, não se registaram diferenças significativas entre os subgrupos, considerando o mesmo nível maturacional e sexo. Os participantes do sexo masculino apresentaram um valor médio superior ao sexo feminino, tendo sido verificados valores médios significativamente superiores nos subgrupos NMPUB e CMPUB relativamente ao subgrupo CFPUB, tal como evidenciado por Vinet *et al.* (2003). Todos os subgrupos pré-púberes apresentaram valores médios significativamente inferiores aos subgrupos NMPUB, NFPUB e CMPUB, comprovando a constatação de que o PSV aumenta com a idade (Winsley, 2007), no entanto, é relativamente estável considerando o tamanho corporal.

5.3.2. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes

A interação significativa entre os fatores Tempo*Grupo*Maturação na variável PV_E (Tabela 19), identificou um aumento significativo desta variável no grupo de natação comparativamente com o grupo de controlo, principalmente devido ao aumento significativo desta variável no subgrupo NMPUB, e uma tendência para um aumento superior nos púberes comparativamente com os pré-púberes. Para além disso, verificou-se a interação nos fatores Tempo*Grupo na variável PTV, identificando um aumento do PTV no grupo de natação, também devido ao aumento significativo desta variável no subgrupo NMPUB. Estes resultados sugerem que o aumento do PV_E se deve fundamentalmente ao aumento do PTV no grupo de natação. Os estudos longitudinais existentes sugerem que as melhorias do treino de resistência parecem resultar de um aumento do PV_E devido principalmente ao aumento do PTV e não do PRF (Fawcner, 2007).

Por outro lado, num estudo longitudinal foram verificadas melhorias na função pulmonar em meninas pré-púberes após um ano de treino de natação (Courteix *et al.*,

1997). Todavia, não foram verificadas diferenças significativas na melhoria do PVO_2 , bem como a avaliação laboratorial e a prática da modalidade apresentam condições de prática diferenciadas e as conclusões necessitam de ser cuidadosas quanto a este facto estar associado com o treino, devido à não especificidade entre o teste e o tipo de treino habitual (Baquet *et al.*, 2003; Hebestreit & Beneke, 2008; Armstrong *et al.*, 2008; Armstrong, 2014).

A interação entre os fatores Tempo*Maturação na variável PVO_{2rel} ($p=0,040$), identificou um decréscimo da variável PVO_{2rel} nos púberes e uma manutenção nos pré-púberes (ver Figura 20). Estes resultados devem-se fundamentalmente a manutenção da aptidão aeróbia nos participantes pré-púberes do grupo de natação e de controlo, mas a uma diminuição dos participantes púberes, principalmente o decréscimo significativo nos subgrupos NFPUB e CMPUB.

O treino de natação pura desportiva apresentou critérios de intensidade, volume e frequência em que se esperava a ocorrência de melhorias no PVO_{2rel} associados com o treino (Baquet *et al.*, 2003; Armstrong *et al.*, 2011; Armstrong & Barker, 2011). A diminuição nesta variável poderá estar associada com o facto de no final da época, algumas das nadadoras não terem objetivos competitivos, uma vez que não conseguiram mínimos para a participação nos campeonatos nacionais. Para além disso, o MA1 ocorreu perto do primeiro período competitivo importante, em que os atletas já tinham atingido um nível de forma para participar nessas competições. No entanto, não deveremos associar de forma direta a prática desportiva da modalidade com um teste de laboratório, uma vez que não é um teste específico (Baquet *et al.*, 2003; Hebestreit & Beneke, 2008; Armstrong *et al.*, 2008; Armstrong, 2014), para além de que o volume de treino que as nadadoras cumpriram foi semelhante ao subgrupo NMPUB. Porém, a obtenção do PVO_{2rel} em cicloergómetro mostrou alterações em nadadores e nadadoras pré-púberes após o treino de natação (Sperlich *et al.*, 2010), sugerindo que algumas das melhorias ao nível desta variável podem ser verificáveis em testes de laboratório.

No subgrupo CMPUB a diminuição significativa da variável PVO_{2rel} , identifica um decréscimo de aptidão aeróbia nos participantes púberes do sexo masculino, não sendo evidente as razões para esse menor valor na variável de PA. Provavelmente o facto de o MA2 ter sido no final do ano tenha conduzido a uma menor participação nas atividades físicas, nomeadamente associadas às aulas de educação física na escola,

contudo, apenas se verificou significativamente inferior neste subgrupo e não nos restantes subgrupos do grupo de controlo.

5.4. Caracterização e comparação da aptidão anaeróbia

5.4.1. Momento de avaliação 1

Relativamente à variável PP no MA1, observaram-se valores médios significativamente superiores nos participantes púberes do sexo masculino (subgrupos NMPUB e CMPUB), comparativamente aos subgrupos pré-púberes (NMPRE, NFPRE, CMPRE e CFPRE), mas também em comparação às participantes púberes do sexo feminino (NFPUB e CFPUB). Estes resultados evidenciam diferenças entre os sexos e níveis maturacionais (Ribeiro, 2007), todavia, devem também estar relacionadas com o facto de o PP aumentar com a idade (Inbar & Bar-Or, 1986; Blimkie *et al.*, 1988; Inbar *et al.*, 1996; Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Welsman & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Van Praagh, 2008). Contudo, não foram registadas diferenças entre os grupos nesta variável.

As diferenças entre os sexos nos pré-púberes foram mínimas, no entanto, nos subgrupos púberes verificou-se uma tendência para aumentarem essas diferenças (Armstrong *et al.*, 2001). De acordo com Welsman & Armstrong (2007), durante a adolescência, as raparigas obtêm valores entre 50% e 70% da performance dos rapazes, valores semelhantes aos do presente estudo.

Os resultados do presente estudo podem ser comparados com estudos identificados na literatura (Tabela 3). Nesses estudos, de salientar os valores superiores de PP em nadadores de elite relativamente a nadadores de não elite (Bencke *et al.*, 2002), porém, não foram observadas diferenças entre os subgrupos de natação e de controlo no presente estudo.

Na análise da aptidão anaeróbia em estudos de crianças e adolescentes é fundamental ter em conta o peso corporal (Inbar *et al.*, 1996; Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Van Praagh, 2008).

Nesse sentido, a variável PP_{rel} foi superior em todos os subgrupos pertencentes ao grupo de natação, contudo, não se verificando diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Os valores foram tendencialmente superiores nos púberes, nomeadamente significativamente superiores nos subgrupos NMPUB e CMPUB relativamente aos subgrupos CMPRE e CFPRE, e superior no subgrupo NFPUB face ao subgrupo CFPRE. Foram ainda registados valores tendencialmente superiores no sexo masculino, mas apenas significativamente superior entre subgrupos do grupo de natação e do grupo de controlo.

Um resultado inesperado foi o facto do subgrupo NFPUB ter obtido um resultado médio inferior ($7,3 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$), mas não significativo, ao subgrupo NMPRE ($7,8 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$) e semelhante ao subgrupo NFPRE ($7,4 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$), podendo estes resultados estar relacionados com a maior percentagem de MG no subgrupo NFPUB, tal como evidenciado em outros estudos, de que a MG exerce um efeito negativo no PP (Severino *et al.*, 2013). Contudo, Ribeiro (2007) encontrou resultados semelhantes entre nadadores pré-púberes do sexo masculino ($8,6 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$) e nadadores púberes do sexo feminino ($8,7 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$).

O valor obtido pelo subgrupo NMPRE ($7,8 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$) foi superior ao encontrado por Fernandes (2006), em nadadores pré-púberes do sexo masculino ($7,0 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$). Em nadadoras pré-púberes e púberes foram referidos valores de 7,3 w de 8,9, respetivamente (McNarry *et al.*, 2011c). Bencke *et al.* (2002) reportaram valores de PP_{rel} de $8,8 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $8,0 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ em nadadores de elite e não elite do sexo masculino, respetivamente, com idades compreendidas entre os 9 e os 13 anos, enquanto no sexo feminino os valores foram de $7,9 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ em nadadoras de elite, com idades entre os 11 e os 14, e de $7,8 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ em nadadoras de não elite com idade entre os 10 e os 12 anos. Foram ainda referenciados na literatura valores de 8,6 e $11,4 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ em nadadores do sexo masculino pré-púberes e púberes, respetivamente, bem como valores de 6,8 e $8,7 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ em nadadoras do sexo feminino pré-púberes e púberes, respetivamente (Ribeiro, 2007). Estes valores são superiores aos do presente estudo, tendo o PP sido calculado com a resistência ótima (PP_{opt}), fazendo com que o valor corrigido de PP_{rel} seja também superior. Apenas o subgrupo NFPRE apresentou um valor médio superior, contudo, as diferentes idades deverão explicar esse resultado.

No grupo de controlo, os resultados do PP_{rel} foram inferiores aos registados na literatura para rapazes e raparigas saudáveis não atletas (Bloxham *et al.*, 2005; Beneke *et al.*, 2007; McNarry *et al.*, 2011c).

No presente trabalho, os resultados do MP foram semelhantes aos encontrados na variável PP, em concordância com o que é referido na literatura relativamente ao facto do MP, tal como o PP, aumentar com a idade (Inbar & Bar-Or, 1986; Blimkie *et al.*, 1988; Inbar *et al.*, 1996; Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Welsman & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Van Praagh, 2008). Adicionalmente, as diferenças entre os sexos são mais acentuadas nos púberes, tanto no grupo de natação como no grupo de controlo. No estudo de Armstrong *et al.* (2001), os rapazes obtiveram valores superiores de MP, tendo sido verificado que as diferenças entre os sexos aumentam com a idade.

Quando comparamos os diversos subgrupos do grupo de natação com os subgrupos do grupo de controlo, não se verificam diferenças estatisticamente significativas. As diferenças significativas ocorreram, fundamentalmente, entre os pré-púberes e os púberes. Nesse sentido, a idade (Inbar & Chia, 2008) e a maturação (Armstrong *et al.*, 1997) deverão explicar o MP significativamente superior nos subgrupos NMPUB e CMPUB comparativamente com a maioria dos restantes subgrupos, especificamente o NMPRE, NFPRE, CMPRE, CFPRE e CFPUB. Estes resultados identificam ainda um valor tendencialmente superior no sexo masculino durante a puberdade (Welsman & Armstrong, 2007).

Por outro lado, o subgrupo CFPRE apresentou ainda um valor médio significativamente inferior aos subgrupos NFPUB e CFPUB, mas também relativamente ao subgrupo NMPRE. Uma limitação é que este subgrupo apresenta um reduzido *n* da amostra, porém, este menor desempenho anaeróbio poderá dever-se a fatores anatómicos, fisiológicos, neurais, bioquímicos, hormonais e genéticos (Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Chia & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008), não podendo ser comprovados neste estudo quais os fatores que possam ter influenciado esse resultado.

Os resultados do presente estudo no MP são semelhantes aos verificados na literatura em nadadores pré-púberes (Fernandes, 2006; Ribeiro, 2007). Em nadadores púberes do sexo masculino e feminino, Ribeiro (2007), relata valores médios cerca de

50 W e 70 W superiores ao do presente estudo, respetivamente, podendo estar relacionado com o facto do uso da resistência ótima para a realização do WAnT, mas, também devido às diferentes idades entre os subgrupos nos dois estudos no sexo feminino. O valor inferior de cerca de 60 W em nadadoras pré-púberes do sexo feminino parece também associado com as diferentes idades entre os estudos (Ribeiro, 2007). São ainda reportados valores médios de MP de 319 e 254 W, em nadadores masculinos de elite e não elite, respetivamente, compreendendo idades entre os 9 e os 13 anos, tal como valores de 284W em nadadoras femininas de elite entre os 11 e os 14 anos e 238 W em nadadoras femininas de não elite entre os 10 e 12 anos (Bencke *et al.*, 2002). McNarry *et al.* (2011c) obteve valores de 258 W e 400 W em nadadoras pré-púberes e púberes, respetivamente.

Quanto a resultados do MP em crianças e adolescentes saudáveis não atletas, McManus *et al.* (1997) encontraram valores entre os 175 e os 229 W em meninas dos 9 aos 10 anos, valores superiores aos verificados no presente estudo no subgrupo CFPRE, enquanto McNarry *et al.* (2011c) encontraram valores de 274 W e de 352 W em não atletas pré-púberes e púberes, respetivamente. Armstrong *et al.* (2001) reportaram valores de 269 W em rapazes e 275 W em raparigas, com idade de 12 anos, e valores de 356 W em rapazes e 325 W em raparigas, com idade de 13 anos. Entre os 10 e 11 anos, foram referidos valores de 220 W e 208 W em rapazes e raparigas, respetivamente, enquanto entre os 14 e 15 anos foram referidos valores de 407 W e 327 W em rapazes e raparigas, respetivamente (Tomazin *et al.*, 2008). Chia (2004), encontrou valores superiores aos do presente estudo em rapazes entre os 14 e 15 anos (459 W), bem como em raparigas entre os 13 e 14 anos (422 W), no entanto, as idades são consideravelmente superiores neste último caso.

Na análise da variável MP_{rel} , as diferenças entre os diversos subgrupos diminuem, contudo, verificou-se que em todos os subgrupos do grupo de natação os valores são superiores aos dos subgrupos do grupo de controlo, porém, sem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Nesta variável apenas se verificaram diferenças significativas entre o subgrupo NMPUB ($6,4 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$) e os subgrupos CMPRE ($4,7 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$) e CFPRE ($4,2 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$), e entre o subgrupo NMPRE ($5,9 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$) e o subgrupo CFPRE ($4,2 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$).

As diferenças entre os sexos aumentam tendencialmente na adolescência, uma vez que os valores foram semelhantes entre os subgrupos NMPRE e NFPRE, mas as diferenças foram mais acentuadas entre os subgrupos NMPUB e NFPUB. De referir que independentemente dessa observação, os resultados não foram significativamente diferentes entre os subgrupos do grupo de natação. No grupo de controlo, essa tendência não se observa, sendo as diferenças entre os sexos idênticas nos pré-púberes e nos púberes, e não se registando diferenças significativas entre os diversos subgrupos.

Os resultados do presente estudo são semelhantes aos resultados na literatura em nadadores do sexo masculino com idades entre os 8 e os 12 anos (Falgairette *et al.*, 1993; Fernandes, 2006; Ribeiro, 2007). Bencke *et al.* (2002) reportam valores de $7,7 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $6,6 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ em nadadores de elite e não elite, respetivamente, do sexo masculino entre os 9 e os 13 anos. No sexo feminino, os autores observaram valores de $7,2 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ em nadadoras de elite entre os 11 e os 14 anos, e de $6,8 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ em nadadoras de não elite entre os 10 e os 12 anos. Ribeiro (2007) apresentou valores superiores aos do presente estudo em nadadores ($7,8 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$) e nadadoras ($7,0 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$) púberes, e valor inferior em nadadoras pré-púberes ($4,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$). São ainda apresentados valores de $5,9 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $7,1 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ em nadadoras pré-púberes e púberes, respetivamente (McNarry *et al.*, 2011c).

No grupo de controlo, os resultados do presente estudo são inferiores aos de Bloxham *et al.* (2005), Beneke *et al.* (2007) e McNarry *et al.* (2011c).

Na variável FI, foi possível constatar que o grupo de controlo apresentou valores mais elevados, identificando tendencialmente uma menor capacidade de manter a potência gerada ao longo do teste, contudo, não se verificaram diferenças significativas entre os diversos subgrupos.

Em jovens nadadores, são reportados valores de 37,5% em pré-púberes do sexo masculino (Fernandes, 2006). Bencke *et al.* (2002) encontrou valores inferiores em nadadores de elite masculinos e femininos comparativamente com nadadores de não elite. Em concordância com estes resultados, McNarry *et al.* (2011c), encontrou valores significativamente inferiores de FI, em nadadoras pré-púberes (28%) e púberes (30%), comparativamente com não atletas pré-púberes (42%) e púberes (42%) do sexo feminino.

McGawley *et al.* (2012) encontrou um valor de FI de 41% em meninas não atletas de 12 anos, enquanto Andreacci *et al.* (2007) reportou valor de aproximadamente 48% em rapazes e raparigas (analisadas como um só grupo) dos 9 aos 11 anos. Foram ainda encontrados valores de 21,1% em rapazes entre os 10 e 11 anos e de 31,7% em rapazes entre os 14 e os 15 anos (Tomazin *et al.*, 2008). Os mesmos autores reportam um valor médio de 29,5% em raparigas de 10-11 anos e de 33,9% em raparigas de 14-15 anos.

Os resultados da variável PVO_{2W} mostraram uma tendência semelhante à obtida na aptidão aeróbia, ou seja, um valor significativamente superior nos subgrupos NMPUB e CMPUB face a quase todos os restantes subgrupos. O subgrupo NFPUB apresenta um valor superior ao subgrupo CFPRE. Quando analisados em termos relativos (PVO_{2relW}), as diferenças ocorrem apenas entre os subgrupos do grupo de natação e do grupo de controlo, com valores significativamente superiores no grupo de natação.

Relativamente a estas variáveis são encontrados poucos dados na literatura. McNarry *et al.* (2011c), através do WAnT, apresentou valores absolutos de $1,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e de $2,2 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ em nadadoras pré-púberes e púberes, respetivamente, reportando ainda valores de $1,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e de $1,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ em não atletas pré-púberes e púberes, respetivamente. Os correspondentes valores relativos são $43 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$, $38 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$, $38 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ e $34 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$, respetivamente (McNarry *et al.*, 2011c). São ainda apresentados valores absolutos e relativos superiores em não atletas entre os 11 e os 12 anos de idade do sexo feminino (McGawley *et al.*, 2012), nomeadamente, $2,08 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e $51,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$, respetivamente, porém, os autores obtiveram os valores 20 segundos após o WAnT. Todavia, não foram identificados dados na literatura referentes ao sexo masculino.

5.4.2. Interação entre o fator Tempo e as variáveis independentes

As interações significativas nos fatores Tempo*Maturação nas variáveis PP, PP_{rel} e MP, devem-se fundamentalmente às melhorias registadas nos subgrupos NMPUB e NFPUB na variável PP e PP_{rel} , no subgrupo CFPUB no PP, nos subgrupos

NMPUB e CFPUB no MP. Assim, a maturação, associada ao aumento da idade (Inbar & Bar-Or, 1986; Blimkie *et al.*, 1988; Inbar *et al.*, 1996; Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Welsman & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Van Praagh, 2008) e do peso corporal (Armstrong *et al.*, 2001; Chia & Armstrong, 2007) nos subgrupos NMPUB, NFPUB e CFPUB, explicam as melhorias observadas nestas variáveis (principalmente no PP e MP relativamente ao peso e não na variável PP_{rel}), entre o MA1 e o MA2, também devido ao facto de as alterações na aptidão anaeróbia se acentuarem durante a puberdade (Armstrong *et al.*, 1997). Estes resultados podem ser comprovado através da observação da Figura 18, que mostra o diagrama de perfis para as médias marginais na variável PP_{rel} , considerando os fatores Tempo*Maturação, facilmente interpretamos um ligeiro aumento do PP_{rel} nos pré-púberes, mas, um aumento acentuado nos participantes púberes.

A interação entre os fatores Tempo*Grupo nas variáveis PP, PP_{rel} , MP e MP_{rel} , sugere melhorias na aptidão anaeróbia com o treino no grupo de natação. Alguns estudos em crianças do sexo masculino, encontraram aumentos significativos no PP e no MP, avaliado no WAnT, após treino de sprints de corrida e ciclismo (Grodjinovsky *et al.*, 1980), treino intervalado (Rotstein *et al.*, 1986) e combinação de treino pliométrico e de resistência (Ingle *et al.*, 2006), contudo, as melhorias foram pouco acentuadas. McManus *et al.* (1997) revelou aumentos significativo do PP, em meninas pré-púberes, após 8 semanas de treino contínuo em cicloergómetro e em treino de sprints de corrida, sem se registarem melhorias no grupo de controlo.

As respostas fisiológicas ao treino de natação mostraram que a performance no WAnT foram significativamente superiores em nadadoras de elite comparativamente com não elite nas variáveis PP e MP, sendo também significativamente superior em nadadores de elite comparativamente com não elite nas variáveis MP, PP_{rel} e MP_{rel} , compreendendo idades entre os 9 e os 14 anos (Bencke *et al.*, 2002).

Recentemente, num estudo transversal (McNarry *et al.*, 2011c), não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nas variáveis PP, PP_{rel} , MP, MP_{rel} , no WAnT realizado com os membros inferiores, em nadadoras pré-púberes e púberes comparativamente com não nadadoras. Todavia, os mesmos autores reportam resultados significativamente superiores nessas variáveis, através da performance do WAnT com

os membros superiores, mostrando possíveis melhorias associadas com a especificidade do treino.

Tendo em conta os dados existentes na literatura relativos à análise das respostas anaeróbias ao treino, e de acordo com Tolfrey (2007) e Baxter-Jones & Mundt (2007), são indicadas e esperadas poucas melhorias em atletas pré-púberes e púberes. Adicionalmente, devemos considerar as limitações existentes para o menor conhecimento da aptidão anaeróbia na literatura (Chia & Armstrong, 2007; Williams, 2007; Inbar & Chia, 2008; Van Praagh, 2008).

No entanto, analisando os presentes resultados através da análise da Figura 26, conseguimos observar que o grupo de controlo permaneceu praticamente inalterado considerando a variável PP_{rel} , enquanto o grupo de natação obteve um aumento considerável dessa variável, verificando-se o mesmo nas variáveis PP, MP e MP_{rel} . Analisando a Figura 28 e 29 conseguimos observar a tendência para um aumento do PP_{rel} no sexo masculino e feminino do grupo de natação comparativamente com o grupo de controlo.

Por outro lado, as Figuras 30 e 31 ilustram as diferenças entre os pré-púberes e os púberes, respetivamente. Os pré-púberes de natação obtiveram um aumento relativamente ao MA1, enquanto os pré-púberes do grupo de controlo obtiveram uma ligeira diminuição desta variável. Nos púberes observou-se uma tendência de subida da variável no grupo de controlo, no entanto, constatou-se uma subida mais acentuada no grupo de natação. Posto isto, apesar do aumento significativo da idade e diminuição da MG no grupo de natação, também são sugeridas algumas melhorias na aptidão anaeróbia no presente estudo por adaptações recorrentes da prática desportiva. Alguns autores sugerem fatores anatómicos, fisiológicos, neurais, bioquímicos, hormonais e genéticos para explicar as possíveis melhorias na aptidão anaeróbia (Malina *et al.*, 2004; Bar-Or & Rowland, 2004; Rowland, 2005; Chia & Armstrong, 2007; Tolfrey, 2007; Inbar & Chia, 2008), os quais não conseguimos determinar com os presentes resultados.

5.5. Especialização Metabólica

5.5.1. Momento de avaliação 1

Na análise da relação entre as variáveis PVO_2 vs. PP, referente ao MA1, nos diversos subgrupos verificaram-se correlação moderada a forte, sendo significativas e positivas nos subgrupos NMPRE, NFPUB, CMPRE, CMPUB e CFPUB. Estes resultados mostraram a não especialização metabólica no grupo de natação e no grupo de controlo.

Na literatura foram relatados resultados semelhantes, nomeadamente por Bloxham *et al.* (2005), que correlacionaram o PVO_2 obtido em cicloergómetro com o PP avaliado através do WAnT, e tendo encontrado correlações significativas, $r=0,61$ e $r=0,83$ em rapazes e raparigas, respetivamente, entre os 11 e os 12 anos de idade. Na correlação destas variáveis, de acordo com o nível maturacional dos participantes não praticantes de qualquer modalidade desportiva, foram encontradas correlações fortes e significativas nos pré-púberes e púberes (mas não nos pós-púberes), tendo sido concluído que a especialização metabólica deverá ter início no final da puberdade (Falk & Bar-Or, 1993).

Quando analisamos as variáveis PVO_2 vs. MP, verificou-se uma tendência semelhante através da obtenção de correlações moderadas e fortes entre estas variáveis, em termos absolutos, no entanto, com valores de correlação ligeiramente mais baixos. Nestas variáveis registaram-se correlações significativas nos subgrupos NMPRE, CMPUB e CFPUB, evidenciando a não especialização metabólicas nestas variáveis. No estudo de Bloxham *et al.* (2005), em crianças dos 11 aos 12 anos, de ambos os sexos, não praticantes de nenhuma modalidade desportiva, os autores obtiveram resultados significativos de correlação entre o PVO_2 e o MP, de 0,77 nos rapazes e 0,88 nas raparigas, contrariando os resultados do presente estudo referente aos subgrupos pré-púberes do grupo de controlo (CMPRE e CFPRE). Porém, na literatura não foi possível identificar nenhum estudo, em praticantes de natação, que tenha sido avaliada a relação entre estas duas variáveis, em termos absolutos, nem em adolescentes púberes.

Relativamente às variáveis PVO_2 vs. PVO_{2W} , constatou-se uma tendência semelhante às variáveis anteriores, ou seja, de correlações moderadas a fortes, tendo

sido encontradas correlações significativas nos subgrupos NMPRE, NMPUB, CMPUB e CFPUB. No entanto, no subgrupo CFPRE o valor de correlação encontrado é ligeiramente negativo, mas principalmente muito diferente dos valores dos restantes subgrupos, quer do grupo de controlo, mas também do grupo de natação, podendo estar associado com o reduzido n da amostra.

Na literatura, não encontramos dados de comparação com os presentes resultados, uma vez que os estudos encontrados não avaliaram o PVO_2 no WAnT. De qualquer forma, a relação direta entre as duas variáveis parece compreensível na interpretação em termos fisiológicos. McNarry *et al.* (2011c) avaliaram o PVO_2 no WAnT realizado com os membros superiores e inferiores, em participantes pré-púberes e púberes do sexo feminino, tendo encontrado valores inferiores nas participantes pré-púberes comparativamente com as púberes, e um valor superior através da realização do WAnT com os membros superiores. Apesar de não terem sido estabelecidas nenhuma correlações nesse estudo, parece de alguma forma relacionado o desempenho com os membros inferiores e superiores entre as participantes pré-púberes e púberes.

Após a interpretação das relações entre as variáveis em termos absolutos, verifica-se que quando estas são convertidas tendo em conta o peso corporal de cada participante no estudo, as variáveis em termos relativos são mais ajustadas em função de cada indivíduo, daí na literatura serem encontradas mais referências associadas com esta análise.

Assim, através da análise entre as variáveis PVO_{2rel} vs. PP_{rel} , foi verificado que a força das correlações foi inferior quando comparada com os valores obtidos em termos absolutos, podendo ser comprovado nas Figuras 25 e 26. Apenas se observou um aumento dessa força de correlação no subgrupo CFPRE, que apresenta uma correlação forte e significativa entre estas duas variáveis. Murphy (2001) estudou a relação entre estas variáveis (ajustadas alometricamente para o peso corporal) em raparigas de 10 anos, não praticantes de nenhuma modalidade desportiva, tendo obtido correlações moderadas, mas significativas, comprovando a relação entre as duas variáveis e o facto de não se verificar a especialização metabólica em crianças do sexo feminino e não treinadas. O mesmo foi evidenciado por Bloxham *et al.* (2005), que obtiveram correlações significativas em raparigas ($r=0,88$), mas também nos rapazes ($r=0,77$). Nos restantes subgrupos não foram verificadas correlações significativas, contrariando os

estudos em que conseguiram provar uma relação significativa entre estas duas variáveis, nomeadamente em pré-púberes do sexo masculino praticantes de natação (Falgairette *et al.*, 1993) e não praticantes de nenhuma modalidade desportiva (Bar-Or, 1983; Rotstein *et al.*, 1986; Prasad *et al.*, 1996; Bloxham *et al.*, 2001, 2005). Porém, alguns autores não encontraram correlações significativas ($r=0,47$) entre as variáveis em rapazes e raparigas dos 10 aos 11 anos não praticantes de nenhuma modalidade desportiva (Docherty & Gaul, 1991), mas também em rapazes pré-púberes praticantes de natação (Fernandes, 2006). Quanto ao nível maturacional púbere, não foi possível encontrar nenhum estudo que permita comparar os resultados do presente estudo em ambos os sexos, e que indique a ocorrência ou não de especialização metabólica.

As Figuras 27 e 28 mostram as relações entre as variáveis PVO_{2rel} vs. MP_{rel} nos diversos subgrupos do grupo de natação e do grupo de controlo. Nestas variáveis verificaram-se correlações semelhantes aos resultados da relação entre as variáveis anteriores (PVO_{2rel} vs. PP_{rel}), tendo sido verificado que a força das correlações também foi reduzida quando comparada com os valores obtidos em termos absolutos, tal como verificado no estudo de Bloxham *et al.* (2005). Estes autores encontraram resultados significativos de correlação entre o PVO_{2rel} e o MP_{rel} , de $r=0,48$ nos rapazes e $r=0,74$ nas raparigas, comparativamente inferiores aos valores absolutos ($r=0,77$ nos rapazes e $r=0,88$ nas raparigas). No presente estudo, a correlação direta e significativa no subgrupo NFPRE, encontra-se de acordo com os resultados do estudo de Bloxham *et al.* (2005), relativamente às raparigas dos 10 aos 11 anos não praticantes de nenhuma modalidade desportiva, onde foi encontrada correlação significativa entre as duas variáveis. Docherty & Gaul (1991) já tinham evidenciado resultados semelhantes em meninos e meninas dos 10 aos 11 anos não praticantes de nenhuma modalidade desportiva ($r=0,62$). Por outro lado, Fernandes (2006) encontrou uma correlação moderada entre as duas variáveis, mas não significativa ($r=0,574$; $p=0,065$), em nadadores pré-púberes do sexo masculino. Também nestas variáveis se verifica a dificuldade de encontrar referências a estudos púberes de ambos os sexos e a pré-púberes do sexo feminino, praticantes de natação.

Quanto à relação entre as variáveis PVO_{2rel} vs. PVO_{2relW} , em termos relativos, constatou-se uma tendência semelhante às variáveis anteriores, como uma diminuição da força das correlações quando comparada com os valores absolutos, mas verificando-

se correlações significativas nos subgrupos NMPUB e CFPUB. As Figuras 29 e 30 apresentam as relações nos diversos subgrupos do grupo de natação e do grupo de controlo. Resultados da variável PVO_{2relW} em nadadoras e não atletas pré-púberes, púberes e pós-púberes podem ser encontrados no estudo de McNarry *et al.* (2011c), no entanto, não foram identificados estudos que correlacionem estas duas variáveis em termos relativos. Também na análise destas variáveis, não se verificou uma especialização metabólica, nos diversos subgrupos analisados.

Em suma, no MA1, não se verificaram evidências da especialização metabólica, nos rapazes e raparigas, pré-púberes e púberes do grupo de natação, nem do grupo de controlo.

5.5.2. Momento de avaliação 2

Considerando o período entre o MA1 e o MA2, os grupos tiveram práticas desportivas distintas. Assim, procuramos responder se ao longo de uma época desportiva, se verifica a ocorrência de especialização metabólica no grupo de natação.

Através da análise da relação entre as variáveis PVO_2 vs. PP, referente ao MA2, nos diversos subgrupos verificou-se a tendência para uma correlação moderada a forte, mas ligeiramente inferior face ao MA1, fazendo com que apenas os subgrupos NFPRE, CFPRE e CMPUB apresentassem correlações significativas. Os resultados dos restantes subgrupos não parecem identificar a especialização metabólica. Assim, podemos concluir que não se verificou especialização metabólica no grupo de controlo (Falk & Bar-Or, 1993), tal como no grupo de natação.

Relativamente às variáveis PVO_2 vs. MP, a não especialização metabólica foi observada nos subgrupos NFPRE e CMPUB, devido às correlações significativas e positivas. Nos restantes subgrupos as correlações foram tendencialmente moderadas a fortes, não evidenciando a especialização metabólica ao longo de uma época desportiva. Os resultados dos subgrupos CMPRE e CFPRE permaneceram não significativos, contrariando os resultados de Bloxham *et al.* (2005).

Na análise das variáveis PVO_2 vs. PVO_{2W} , verificaram-se correlações significativas nos subgrupos NMPRE, NFPRE, CMPUB e CFPUB. A força da

correlação entre as variáveis foi ligeiramente inferior no subgrupo NMPRE, no entanto, manteve-se significativa. No subgrupo NFPRE a correlação foi substancialmente superior, e diminuiu ligeiramente no subgrupo CFPUB e tornou-se moderada e não significativa no subgrupo NMPUB. No grupo de controlo, os dados foram semelhantes, tendo diminuído a força de correlação nos subgrupos CMPUB e CFPUB, mas permanecendo significativas.

Na interpretação da relação entre as variáveis PVO_{2rel} vs. PP_{rel} , não se verificaram correlações significativas em nenhum subgrupo. No grupo de controlo, verificou-se uma diminuição da força de correlação em todos os subgrupos, enquanto no grupo de natação, verificou-se uma diminuição nos subgrupos NMPRE e NFPUB, e um aumento nos subgrupos NFPRE e NMPUB. Estes resultados são divergentes dos estudos em que se verificou uma relação significativa entre as duas variáveis, nomeadamente em pré-púberes do sexo masculino praticantes de natação (Falgairrette *et al.*, 1993) e em pré-púberes não praticantes de nenhuma modalidade desportiva do sexo masculino (Bar-Or, 1983; Rotstein *et al.*, 1986; Prasad *et al.*, 1996; Bloxham *et al.*, 2001, 2005), e feminino (Murphy, 2001; Bloxham *et al.*, 2005).

Não obstante o facto de em alguns estudos não ter sido evidenciada uma correlação significativa entre estas duas variáveis (Docherty & Gaul, 1991; Fernandes, 2006). No entanto, a não correlação entre as duas variáveis não nos parece evidência de que exista especialização metabólica no grupo de natação e de controlo. Parece-nos coerente que a especialização metabólica ocorra quando as variáveis se correlacionam inversamente e significativamente, indicando que os melhores num teste serão os que obtêm performances tendencialmente inferiores no outro teste. Curiosamente, o subgrupo CFPUB apresentou uma correlação moderada e negativa, mas não significativa, sendo difícil explicar este resultado. No entanto, entre o MA1 e o MA2, este subgrupo obteve um aumento significativo das variáveis altura, peso, IMC, MG, PP e MP (mas não do PP_{rel} e MP_{rel}), podendo algum destes fatores explicar os resultados obtidos. As correlações entre as variáveis PVO_{2rel} vs. PP_{rel} , indicam que a especialização não parece ocorrer em nadadores pré-púberes e púberes de ambos os sexos, nem em crianças e adolescentes não praticantes de nenhuma modalidade desportiva.

A ocorrência da especialização após a puberdade em não praticantes de nenhuma modalidade desportiva foi salientada por Falk & Bar-Or (1993), tendo os autores

concluído que a especialização metabólica deverá começar após a puberdade, porém, foram utilizados os valores absolutos em vez de valores relativos. Os resultados do presente estudo parecem sugerir que a especialização metabólica deverá surgir após a puberdade também em nadadores de ambos os sexos, refletindo as diferenças na treinabilidade aeróbia e anaeróbia (Falgairette *et al.*, 1991; Van Praagh, 2000; Rowland, 2002, 2005; Matos & Winsley, 2007), bem como as alterações nas características antropométricas com influência das hormonas sexuais (Rowland, 2002, 2005).

Por outro lado, em nadadores pré-púberes e púberes de ambos os sexos, não parecem haver grandes alterações no desempenho aeróbio e anaeróbio, que promovam a especialização metabólica ao longo de uma época desportiva na modalidade de natação. Não obstante o facto de a amostra ser reduzida e as conclusões não serem generalizáveis para todos os nadadores nestes níveis maturacionais, para além dos testes não serem específicos da modalidade, os resultados mostraram que não se verificou a especialização metabólica ao longo de uma época desportiva, mas estudos futuros deverão analisar testes específicos para comprovar esses resultados.

Analisando as variáveis PVO_{2rel} vs. MP_{rel} , não se averiguaram nenhuma correlações significativas, todavia, foram tendencialmente menos fortes quando comparadas com as variáveis em termos absolutos (Bloxham *et al.*, 2005). Os resultados dos dois momentos de avaliação também evidenciaram a não ocorrência da especialização metabólica após uma época desportiva da modalidade de natação, em pré-púberes e púberes de ambos os sexos. O mesmo se verificou relativamente ao grupo de controlo.

Nas variáveis PVO_{2rel} vs. PVO_{2relW} , foram observadas melhorias na força das correlações do MA1 para o MA2 (Tabela 8 e comprovado através das Figuras 31 e 32), tendo-se verificado a existência de correlações significativas nos subgrupos NMPRE, NFPUB, CMPUB e CFPUB. Estes resultados não identificam a especialização metabólica no grupo de natação durante uma época desportiva, resultados semelhantes aos do grupo de controlo.

Capítulo VI

Conclusões

6.1. Introdução

Neste capítulo iremos procurar responder aos objetivos do estudo, tal como às hipóteses levantadas após profunda revisão da literatura. Por outro lado, os presentes resultados e limitações do estudo permitem explorar algumas recomendações para futuros estudos no âmbito da aptidão aeróbia e anaeróbia de crianças e adolescentes atletas, assim como no âmbito das respostas ao treino.

6.2. Conclusões

O primeiro objetivo pretendia caracterizar e comparar morfológicamente as crianças e os adolescentes, de ambos os sexos, praticantes da modalidade de natação e não praticantes de qualquer modalidade desportiva, em dois momentos distintos ao longo de uma época desportiva. Para responder ao objetivo indicado, a hipótese levantada foi a seguinte:

H1 – Existem diferenças estatisticamente significativas entre os fatores Tempo, Sexo, Grupo e Maturação, nas variáveis morfológicas avaliadas;

Os resultados obtidos no presente estudo, comprovam a hipótese definida, identificando a existência de diferenças nas variáveis morfológicas avaliadas, nos fatores Sexo, Grupo e Maturação no MA1, assim como no fator Tempo entre o MA1 e o MA2, do que concluímos pela aceitação da H1.

Esta conclusão e aceitação resulta de no MA1, as diferenças identificadas entre os diversos subgrupos serem atribuídas, ao fator sexo na variável altura, ao fator maturação nas variáveis altura e peso, mas também ao fator grupo relativamente à variável percentagem de MG. As variáveis altura e peso encontram-se relacionados com o normal crescimento, sendo influenciadas pelo sexo e maturação (Malina *et al.*, 2004; Beunen & Malina, 2008; Malina & Beunen, 2008), contudo, não sofrendo influência da prática desportiva (Malina *et al.*, 2004; Erlandson *et al.*, 2008). As diferenças observadas na percentagem de MG, sugerem que se devem à prática desportiva distinta

entre os dois grupos, porém, torna-se difícil de comprovar esse facto, podendo estar relacionado com a identificação, seleção e desenvolvimento de talentos desportivos, contendo subjacente diferenças de índole genética (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Malina, 2008, 2009).

As diferenças na prática desportiva, associadas ao treino, podem ser interpretadas na análise entre o MA1 e o MA2. Assim, a interação entre o fator Tempo e os fatores Sexo, Grupo e Maturação, verificou-se um aumento da altura e do peso semelhante em ambos os grupos, não se registando desta forma uma influência da prática desportiva, todavia, com diferenças entre os sexos e entre o nível maturacional (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007). A percentagem de MG sofreu interação do Sexo e do Grupo, identificando alterações ao nível da composição corporal na puberdade entre os sexos (Malina *et al.*, 2004; Baxter-Jones & Sherar, 2007; Malina, 2008, 2009; Malina & Geithner, 2011) e identificando alterações com a prática desportiva entre os dois grupos (Malina, 1989; Jolliffe & Janssen, 2006; Baker, Olsen & Sorensen, 2007; Strong *et al.*, 2005; Malina, 2009; Slater *et al.*, 2013).

O segundo objetivo pretendia caracterizar e comparar fisiologicamente crianças e adolescentes, rapazes e raparigas, praticantes da modalidade de natação e não praticantes de qualquer modalidade desportiva, num teste laboratorial de esforço predominantemente aeróbio, em dois momentos distintos ao longo de uma época desportiva. Para responder a este objetivo, a hipótese formulada foi a seguinte:

H2 – Existem diferenças estatisticamente significativas nos fatores Tempo, Sexo, Grupo e Maturação na PA.

Os resultados do estudo permitem aceitar a hipótese definida devido às diferenças na PA quanto à maturação, sexo e grupo. Porém, não foram identificadas melhorias no fator Tempo nos grupos.

A variável PVO_2 foi significativamente superior nos púberes comparativamente com os pré-púberes (Armstrong & Welsman, 2001; Beunen *et al.*, 2002; McNarry *et al.*, 2011a) e significativamente superior nos rapazes púberes relativamente às raparigas púberes (Welsman & Armstrong, 2000; Armstrong & Welsman, 2001), não se tendo

verificado diferenças entre os subgrupos pré-púberes (Fawkner & Armstrong, 2004; Bloxham *et al.*, 2005; Andreacci *et al.*, 2007; Barker *et al.*, 2008). Os valores médios foram tendencialmente superiores no grupo de natação, contudo, apenas o subgrupo NFPUB apresentou um valor significativamente superior ao subgrupo CFPUB (McNarry *et al.*, 2011a).

O PVO_{2rel} apresentou-se tendencialmente superior nos nadadores, valores situados entre os 55 e os 65 mL·kg⁻¹·min⁻¹, comparativamente com o grupo de controlo, entre 40 e 52 mL·kg⁻¹·min⁻¹, tal como referenciado por diversos autores (Armstrong *et al.*, 2011; Armstrong & Barker, 2011; Barker *et al.*, 2011; Armstrong, 2014). No entanto, apenas se verificou um valor médio significativamente superior no subgrupo NFPUB comparativamente com o CFPUB. São ainda sugeridas diferenças relativamente à maturação, mas apenas entre os subgrupos NFPUB e NMPUB comparativamente com o subgrupo CMPRE. Por outro lado, os resultados desta variável sugeriram ser independentes do sexo. Alguns estudos com recurso à modelação multinível ou alometria (Baxter-Jones *et al.*, 1993; Armstrong *et al.*, 1999; Bloxham *et al.*, 2005), verificaram um PVO_{2rel} significativamente superior no sexo masculino, contudo, essas técnicas não foram utilizadas no presente estudo.

Com os valores de volume, intensidade e frequência de treino (Baquet *et al.*, 2003; Armstrong *et al.*, 2011; Armstrong & Barker, 2011), no grupo de natação, entre o MA1 e o MA2 seria espectável observar valores mais elevados de PVO_{2rel} no MA2 (Sperlich *et al.*, 2010). Porém, esses resultados não foram observados, tendo-se mesmo verificado uma diminuição significativa no subgrupo NFPUB. Estes resultados encontram-se, obviamente, limitados pela não utilização de testes específicos da modalidade (Gore *et al.*, 2013).

O terceiro objetivo era a caracterização e comparação fisiológica de crianças e adolescentes, rapazes e raparigas, praticantes da modalidade de natação e não praticantes de qualquer modalidade desportiva, num teste laboratorial de esforço predominantemente anaeróbio, em dois momentos distintos ao longo de uma época desportiva. O conhecimento existente até ao momento permitiu considerar a seguinte hipótese:

H3 – Existem diferenças estatisticamente significativas nos fatores Tempo, Sexo, Grupo e Maturação na PAn e na CAn;

Os resultados do estudo possibilitam aceitar a hipótese formulada, tendo-se verificado diferenças significativas nos fatores sexo e maturação no MA1, mas também sugerindo melhorias nos fatores grupo e maturação entre o MA1 e o MA2 na PAn e na CAn.

Relativamente ao MA1, as variáveis PP e MP mostraram valores significativamente superiores nos púberes (De Ste Croix *et al.*, 2000; Bencke *et al.*, 2002; Chia, 2004; Ribeiro, 2007; Tomazin *et al.*, 2008) e no sexo masculino (De Ste Croix *et al.*, 2001; Ribeiro, 2007; Tomazin *et al.*, 2008; McNarry *et al.*, 2011c), contudo não identificaram diferenças quando considerada a análise entre o grupo de natação e o grupo de controlo. É sugerido na literatura que estes resultados sejam maioritariamente devidos ao aumento da idade (Inbar & Bar-Or, 1986; Blimkie *et al.*, 1988; Inbar *et al.*, 1996; Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Welsman & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Van Praagh, 2008). Os resultados sugerem também que as diferenças entre os sexos sejam diminutas nos pré-púberes e se amplifiquem durante a adolescência (Welsman & Armstrong, 2007).

Analisando as variáveis em termos relativos, o PP_{rel} revelou resultados semelhantes aos encontrados na variável absoluta (PP), nomeadamente identificando algumas diferenças quanto ao sexo (Bencke *et al.*, 2002; Ribeiro, 2007) e maturação (Ribeiro, 2007; Beneke *et al.*, 2007; McNarry *et al.*, 2011c), devendo estar associadas com as diferentes idades (Inbar & Bar-Or, 1986; Blimkie *et al.*, 1988; Inbar *et al.*, 1996; Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Welsman & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Van Praagh, 2008). Porém, na variável MP_{rel} apenas se registaram diferenças significativas que sugerem um melhor desempenho nos púberes comparativamente com os pré-púberes (Ribeiro, 2007; Beneke *et al.*, 2007; McNarry *et al.*, 2011c).

Entre o MA1 e o MA2, a interação entre os fatores Tempo*Maturação nas variáveis PP, PP_{rel} e MP, parecem indiciar melhorias com o processo maturacional (Armstrong *et al.*, 1997), não obstante as alterações associadas ao aumento de idade e do peso nas variáveis PP e MP (Inbar & Bar-Or, 1986; Blimkie *et al.*, 1988; Inbar *et al.*,

1996; Bar-Or & Rowland, 2004; Malina *et al.*, 2004; Rowland, 2005; Welsman & Armstrong, 2007; Inbar & Chia, 2008; Van Praagh, 2008), e apenas da idade na variável PPrel, uma vez que nesta variável o peso corporal encontra-se controlado.

Por outro lado, a interação entre os fatores Tempo*Grupo nas variáveis PP, PPrel, MP e MPrel, sugerem eventuais melhorias decorrentes da prática desportiva no grupo de natação. Alguns estudos mostraram melhorias no WAnT após diversos tipos de treino (Grodjinsky *et al.*, 1980; Rotstein *et al.*, 1986; McManus *et al.* 1997; Ingle *et al.*, 2006), com duração do protocolo entre as 6 e 12 semanas. Assim, com o treino aeróbio (e.g., Obert *et al.*, 2001) ou anaeróbio (e.g., Ingle *et al.*, 2006) são reportados aumentos significativos no PP e no MP, contudo, são esperadas melhorias pouco significativas com o treino (Baxter-Jones & Mundt, 2007; Tolfrey, 2007; Van Praagh, 2008), principalmente nos pré-púberes. As melhorias registadas entre o MA1 e o MA2 ocorreram principalmente devido ao aumento significativo das variáveis PP, PPrel, MP e MPrel no NMPUB e das variáveis PP e PPrel no NFPUB, que parecem estar associadas com o aumento da idade e do peso, tal como a diminuição da percentagem de MG nestes dois grupos, sugerindo que as diferenças entre os dois momentos de avaliação deverão estar mais relacionadas com as alterações associadas ao processo de crescimento e maturação, do que às respostas fisiológicas ao treino.

O quarto objetivo do estudo foi o de investigar a ocorrência de especialização metabólica em crianças e adolescentes, praticante da modalidade de natação pura desportiva, em dois momentos ao longo da época desportiva. Nesse sentido foi criada a seguinte hipótese:

H4 – Não existe especialização metabólica entre os fatores Tempo, Sexo, Grupo e Maturação.

A hipótese enunciada é aceite e concluímos que não se verificou a especialização metabólica no MA1, nem ao longo de uma época desportiva (MA2), em participantes pré-púberes e púberes de ambos os sexos, praticantes de natação pura desportiva e não praticantes de nenhuma modalidade desportiva.

O presente estudo pretende responder à limitada literatura existente sobre esta temática, pois, torna-se fundamental determinar quando acontece a especialização metabólica numa modalidade individual, como é o caso da natação pura desportiva, de forma a potenciar o desenvolvimento das capacidades dos seus praticantes (Balyi & Williams, 2009; Balyi *et al.*, 2013).

Face a esse objetivo, os resultados do presente estudo mostraram a existência de correlações significativas em alguns subgrupos quando analisadas as variáveis em termos absolutos (PVO_2 vs. PP e PVO_2 vs. MP). Todavia, quando analisadas em termos relativos, PVO_{2rel} vs. PP_{rel} e PVO_{2rel} vs. MP_{rel} , essas correlações apenas foram significativas no subgrupo CFPRE, revelando a não especialização metabólica em meninas pré-púberes não praticante de qualquer modalidade desportiva. Nos restantes subgrupos, o facto de não se registarem correlações significativas também não parece sugerir especialização metabólica no MA1 nem no MA2.

Assim, os presentes resultados do estudo sugerem que os treinadores deverão dar uma maior ênfase ao desenvolvimento de competências técnicas nestas idades, deixando a especialização nas distâncias de nado e no estilo de prova para quando for atingida a especialização metabólica, com a aquisição das características morfológicas e maturacionais que permitam obter um melhor desempenho em provas ou esforços tipicamente aeróbias ou anaeróbias.

6.3. Limitações do estudo

Ao longo do desenvolvimento do presente estudo foram identificadas algumas limitações, nomeadamente:

- A amostra não ser probabilística e dessa forma possuir limitações quanto à validade externa do estudo, ou seja, à generalização dos resultados para todos os jovens praticantes de natação ou não praticantes de nenhuma modalidade desportiva, nas faixas etárias estudadas (Trochim, 2006);
- Não terem sido avaliados os membros superiores no WAnT, porém, não foi possível obter esse equipamento para a utilização no estudo;

- O PP_{opt} determinado através do FVT, é superior ao PP obtido com a carga estandardizada, contudo, a utilização desse teste necessitaria de mais dois momentos de recolha (um no MA1 e outro no MA2) o que invalidou a sua utilização, devido a alguns atletas de deslocarem de longe para o laboratório e por motivos de incompatibilidade com os treinos e horários escolares, bem como o número de atletas que era possível avaliar no período correspondente a cada momento de avaliação;
- O facto de ser um estudo realizado sobre uma metodologia quase-experimental, com dois momentos de recolha, tem implícito a limitação associada à desistência dos elementos da amostra;
- O estudo não se alargar a jovens pós-púberes limita o conhecimento sobre a especialização metabólica;
- A não avaliação em testes específicos da modalidade limita o conhecimento dos efeitos do treino específicos da modalidade na aptidão aeróbia e anaeróbia.

6.4. Recomendações

O presente trabalho permitiu identificar alguns aspetos a recomendar em futuros estudos relacionados com a avaliação de crianças e adolescentes, e principalmente com as respostas ao treino:

- Aplicação de estudos longitudinais para melhor compreender o crescimento somático e a maturação sexual em jovens atletas, determinando as características morfológicas determinantes para a prática da modalidade de natação em crianças e adolescentes;
- Desenvolvimento de estudos longitudinais para aumentar o conhecimento das respostas fisiológicas ao treino na aptidão aeróbia e anaeróbia durante a infância e adolescência, assente na avaliação dos nadadores em testes específicos da modalidade de natação pura desportiva, principalmente com recurso a testes não invasivos;
- A aptidão anaeróbia necessita de mais estudos que examinem a sua importância em crianças e adolescentes atletas, nomeadamente o seu

desenvolvimento com o treino e a recuperação após a aplicação de diversos esforços de intensidade máxima e curta duração;

- Estudos de âmbito laboratorial que pretendam avaliar a aptidão anaeróbia deverão incluir o WAnT realizado com os membros superiores e o cálculo da resistência ótima para determinar o PP_{opt} ;
- Desenvolver metodologias que permitam o uso da alometria e da modelação multinível para a interpretação dos dados obtidos na aptidão aeróbia e anaeróbia mais corretamente;
- Incluir nadadores pós-púberes para verificar a ocorrência da especialização metabólica, bem como a utilização de testes específicos para avaliar a especialização metabólica poderá fornecer informações mais válidas para o conhecimento da sua ocorrência na modalidade de natação pura desportiva.

Bibliografia

Referências Bibliográficas

- Aitkinson, G., & Reilly, T. (1996). Circadian Variation in Sports Performance. *Sports Medicine*, 21, 292-312.
- Al-Hazzaa, H. M., Al-Refaee, S. A., Sulaiman, M. A., Dafterdar, M. Y., Al-Herbish, A. S., & Chukwuemeka, A. C. (1998). Cardiorespiratory responses of trained boys to treadmill and arm ergometry: effect of training specificity. *Pediatric Exercise Science*, 10, 264-276.
- Almuzaini, K. S. (2000). Optimal peak and mean power on the Wingate Test: Relationship with sprint ability, vertical jump, and standing long jump in boys. *Pediatric Exercise Science*, 12, 349-359.
- Andreacci, J. L., Haile, L., & Dixon C. (2007). Influence of testing sequence on a child's ability to achieve maximal anaerobic and aerobic power. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 673-677.
- Andreacci, J. L., LeMura, L. M., Cohen, S. L., Urbansky, E. A., Chelland, S. A., & Von Duvillard, S. P. (2002). The effects of frequency of encouragement on performance during maximal exercise testing. *Journal of Sports Science*, 20, 345-352.
- Arellano, R., Nicoli-Terrés, J. M., & Redondo, J. M. (2006). Fundamental hydrodynamics of swimming propulsion. In J. P. Vilas-Boas, F. Alves, & A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X* (pp. 15-20). Porto: Portuguese Journal of Sport Sciences, 6 (Suppl 2).
- Armon, Y., Cooper, D. M., & Zanconato, S. (1991). Maturation of ventilatory responses to 1-minute exercise. *Pediatric Research*, 29, 362-368.
- Armstrong, N. (2013). Developing of the elite young athlete. *Journal of Physical Activity, Sports and Exercise*, 1, 1-8.
- Armstrong, N. (2014). Training and testing elite young athletes. In M. J. Coelho-e-Silva, A. Cupido-dos-Santos, A. J. Figueiredo, J. P. Ferreira & N. Armstrong (Eds.), *Children and Exercise XXVIII, The Proceedings of the 28th Pediatric Work Physiology Meeting* (pp. 77-86). New York: Routledge.
- Armstrong, N., & Barker, A. R. (2009). Oxygen uptake kinetics in children and adolescents: a review. *Pediatric Exercise Science*, 21, 130-147.

- Armstrong, N., & Barker, A. R. (2011). Endurance training and elite young athletes. In N. Armstrong & A. M. McManus (Eds.), *The Elite Young Athlete* (pp. 59-83). Medicine and Sport Sciences Basel: Karger.
- Armstrong, N., & Davies, B. (1981). An ergometric analysis of age group swimmers. *British Journal of Sports Medicine*, 15, 20-26.
- Armstrong, N., & Fawkner, S. (2007). Aerobic fitness. In N. Armstrong (Ed.), *Paediatric Exercise Physiology: Advances in Sport and Exercise Science series* (pp. 161-187). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Armstrong, N., & Fawkner, S. G. (2008). Non-invasive methods in paediatric exercise physiology. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33, 402-410.
- Armstrong, N., & McManus, A. M. (2011). Physiology of elite young male athletes. In N. Armstrong & A. M. McManus (Eds.), *The Elite Young Athlete* (pp. 1-22). Medicine and Sport Sciences Basel: Karger.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (1994). Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 22, 435-476.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (1997). *Young people and physical activity*. Oxford: Oxford University Press.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (2001). Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans. *European Journal of Applied Physiology*, 85, 546-551.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (2006). The physical activity patterns of European youth with reference to methods of assessment. *Sports Medicine*, 36, 1067-1086.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (2007). Exercise metabolism. In N. Armstrong (Ed.), *Paediatric Exercise Physiology: Advances in Sport and Exercise Science series* (pp. 71-97). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (2008). Aerobic fitness. In N. Armstrong & W. van Mechelen (Eds.), *Paediatric Exercise Science and Medicine, 2nd Ed.* (pp. 97-108). Oxford: Oxford University Press.
- Armstrong, N., Balding, J., Gentle, P., Williams, J., & Kirby, B. J. (1990). Peak oxygen uptake and physical activity in 11 to 16 year olds. *Pediatric Exercise Science*, 2, 349-358.

- Armstrong, N., Davies, B., & Heal, M. (1983). The specificity of energy utilisation by trained and untrained adolescent boys. *British Journal of Sports Medicine*, 17, 193-199.
- Armstrong, N., Kirby, B. J., McManus, A. M., & Welsman, J. R. (1995). Aerobic fitness of prepubescent children. *Annals of Human Biology*, 22, 427-441.
- Armstrong, N., McManus, A. M., & Welsman, J. R. (2008). Aerobic fitness. In N. Armstrong & W. van Mechelen (Eds.), *Paediatric Exercise Science and Medicine, 2nd Ed.* (pp. 269-282). Oxford: Oxford University Press.
- Armstrong, N., Tomkinson, G., & Ekelund, U. (2011). Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise training and habitual physical activity during youth. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 849-858.
- Armstrong, N., Welsman, J. R., & Kirby, B. J. (1998). Peak oxygen uptake and maturation in 12-yr olds. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 165-169.
- Armstrong, N., Welsman, J. R., & Kirby, B. J. (2000). Longitudinal changes in 11-13-year-olds' physical activity. *Acta Paediatrica*, 89, 775-780.
- Armstrong, N., Welsman, J. R., & Kirby, B. J. (1997). Performance on the Wingate anaerobic test and maturation. *Pediatric Exercise Science*, 9, 253-261.
- Armstrong, N., Welsman, J. R., Nevill, A. M., & Kirby, B. J. (1999). Modeling growth and maturation changes in peak oxygen uptake in 11-13 yr olds. *Journal of Applied Physiology*, 87, 2230-2236.
- Armstrong, N., Welsman, J. R., Williams, C. A., & Kirby, B. J. (2000). Longitudinal changes in young people's short-term power output. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1140-1145.
- Armstrong, N., Welsman, J., & Chia, M. (2001). Short Term power output in relation to growth and maturation. *British Journal of Sports Medicine*, 35, 118-124.
- Armstrong, N., Welsman, J., & Winsley, R. (1996). Is peak VO₂ a maximal index of children's aerobic fitness? *International Journal of Sports Medicine*, 17, 356-359.
- Armstrong, N., Williams, J., Balding, J., Gentle, P., & Kirby, B. (1991). The peak oxygen uptake of British children with reference to age, sex and sexual maturity.

- European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62, 369-375.
- Bailey, R. C., Olson, J., Pepper, S. L., Porszasz, J., Barstow, T. J., & Cooper, D. M. (1995). The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 1033-1041.
- Baker, J. L., Olsen, L. W., & Sorensen, T. I. (2007). Childhood body-mass index and the risk of coronary heart disease in adulthood. *The New England Journal of Medicine*, 357, 2329-2337.
- Balen, R., Blyth, E., Calabretto, H., Fraser, C. Horrocks, C., & Manby, M. (2006). Involving children in health and social research: 'Human becoming' or 'active beings'? *Childhood*, 13, 29-48.
- Balyi, I., & Williams, C. (2009). *Coaching the young developing performer: tracking physical growth and development to inform coaching programmes*. Headingley: The National Coaching Foundation.
- Balyi, I., Way, R., & Higgs, C. (2013). *Long-term athlete development*. Champaign: Human Kinetics.
- Baquet, G., Berthoin, S., Dupont, G., Blondel, N., Fabre, C., & Van Praagh, E. (2002). Effects of high intensity intermittent training on peak VO₂ in prepubertal children. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 439-444.
- Baquet, G., Gamelin, F. X., Mucci, P., Thévenet, D., Van Praagh, E., & Berthoin, S. (2010). Continuous vs. interval aerobic training in 8- to 11-year-old children. *Journal of Strength and Conditioning Researches*, 24, 1381-1388.
- Baquet, G., Van Praagh, E., & Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Medicine*, 33, 1127-1143.
- Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. (2010a). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 262-269.
- Barbosa, T. M., Costa, M. J., Marinho, D. A., Coelho, J., Moreira, M., & Silva, A. J. (2010b). Modeling the links between young swimmers' performance: energetic and biomechanical profiles. *Pediatric Exercise Science*, 22, 379-391.

- Barbosa, T. M., Costa, M. J., Mejias, E., Marinho, D. A., Louro, H., & Silva, A. J. (2012). Pico da carreira desportiva em nadadores de nível mundial: análise das idades dos participantes nos Jogos Olímpicos de Pequim 2008. *Motricidade*, 8, 52-61.
- Barbosa, T. M., Fernandes, R., Keskinen, K. L., Colaço, P., Cardoso, C., Silva, J., & Vilas-Boas, J. P. (2006). Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. *International Journal of Sports Medicine*, 27, 894-899.
- Barbosa, T. M., Keskinen, K. L., Fernandes, R., Colaço, P., Lima, A. B., & Vilas-Boas, J. P. (2005). Energy cost and intracyclic variation of the velocity of the centre of mass in butterfly stroke. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 519-523.
- Barker, A. R., & Armstrong, N. (2011). Exercise testing elite young athletes. In N. Armstrong & A. M. McManus (Eds.), *The Elite Young Athlete* (pp. 106-125). Medicine and Sport Sciences Basel: Karger.
- Barker, A. R., Bond, B., Toman, C., Williams, C. A., & Armstrong, N. (2012). Critical power in adolescents: physiological bases and assessment using all-out exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 1359-1370.
- Barker, A. R., Day, J., Smith, A., Bond, B., & Williams, C. A. (2014). The influence of 2 weeks of low-volume high-intensity interval training on health outcomes in adolescent boys. *Journal of Sports Sciences*, 32, 757-765.
- Barker, A. R., Welsman, J. R., Fulford, J., Welford, D., & Armstrong, N. (2010). Quadriceps muscle energetics during incremental exercise in children and adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42, 1303-1313.
- Barker, A. R., Welsman, J. R., Fulford, J., Welford, D., Williams, C. A., & Armstrong, N. (2008). Muscle phosphocreatine and pulmonary oxygen uptake kinetics in children at the onset and offset of moderate intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 102, 727-738.
- Barker, A. R., Williams, C. A., Jones, A. M., & Armstrong, N. (2011). Establishing maximal oxygen uptake in young people during a ramp cycle test to exhaustion. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 498-503.
- Barker, A., Welsman, J., Welford, D., Fulford, J., Williams, C., & Armstrong, N. (2006). Reliability of ³¹P-magnetic resonance spectroscopy during an

- exhaustive incremental exercise test in children. *European Journal of Applied Physiology*, 98, 556-565.
- Bar-Or, O. (1983). Physiologic responses to exercise of the healthy child. In S. Verlag (Ed.), *Pediatric Sports Medicine for the Practitioner*. New-York: Springer-Verlag.
- Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*, 4, 381-394.
- Bar-Or, O. (1995). The young athlete: some physiological considerations. *Journal of Sports Sciences*, 13, S31-S33.
- Bar-Or, O., & Rowland, T. W. (2004). *Pediatric Exercise Medicine: from physiologic principles to health care application*. Champaign: Human Kinetics.
- Baxter-Jones, A. D. G. (2008). Growth and maturation. In N. Armstrong, & W. Van Mechelen (Eds.), *Paediatric exercise science and medicine*, 2nd Ed. (pp.157-168). Oxford: Oxford University Press.
- Baxter-Jones, A. D. G., & Mundt, C. A. (2007). The young athlete. In N. Armstrong (ed.), *Paediatric Exercise Physiology: Advances in Sport and Exercise Science series* (pp. 299-324). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Baxter-Jones, A. D. G., & Sherar, L. B. (2007). Growth and maturation. In N. Armstrong (ed.), *Paediatric Exercise Physiology: Advances in Sport and Exercise Science series* (pp. 1-26). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Baxter-Jones, A. D. G., Eisenmann, J. C., & Sherar, L. B. (2005). Controlling for maturation in pediatric exercise science. *Pediatric Exercise Science*, 17, 18-30.
- Baxter-Jones, A., Goldstein, H., & Helms, P. (1993). The development of aerobic power in young athletes. *Journal of Applied Physiology*, 75, 1160-1167.
- Bencke, J., Damsgaard, R., Saekmose, A., Jorgensen, P., Jorgensen, K., & Klausen, K. (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12, 171-178.
- Beneke, R., Heck, H., Hebestreit, H., & Leithauser, R. M. (2009). Predicting maximal lactate steady state in children and adults. *Pediatric Exercise Science*, 21, 493-505.

- Beneke, R., Hutler M., & Leithauser, M. (2007). Anaerobic performance and metabolism in boys and male adolescents. *European Journal Applied Physiology*, 101, 671-677.
- Beneke, R., Hutler, M., Jung, M., & Leithauser, R. M. (2005). Modeling the blood lactate kinetics at maximal short-term exercise conditions in children, adolescents and adults. *Journal of Applied Physiology*, 99, 499-504.
- Bentley, D. J., Newell, J., & Bishop, D. (2007). Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Medicine*, 37, 575-586.
- Berg, A., Kim, S. S., & Keul, J. (1986). Skeletal muscle enzyme activities in healthy young subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 236-239.
- Beunen, G., & Malina, R. M. (2008). Growth and biologic maturation: relevance to athletic performance. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 3-17). Oxford: Blackwell Publishing.
- Beunen, G., Baxter-Jones, A. D., Mirwald, R. L., Thomis, M., Lefevre, J., Malina, R. M., & Bailey, D. A. (2002). Intraindividual allometric development of aerobic power in 8- to 16-year-old boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 503-510.
- Bixler, B. S. (2005a). The mechanics of swimming. In J. M. Stager, & D. A. Tanner (Eds.), *Swimming – Handbook of Sports Medicine and Science*, 2nd Ed. (pp. 51-58). Oxford: Blackwell Publishing.
- Bixler, B. S. (2005b). Resistance and propulsion. In J. M. Stager, & D. A. Tanner (Eds.), *Swimming – Handbook of Sports Medicine and Science*, 2nd Ed. (pp. 59-101). Oxford: Blackwell Publishing.
- Blimkie, C. J., Roache, P., Hay, J. T., & Bar-Or, O. (1988). Anaerobic power of arms in teenage boys and girls: relationship to lean tissue. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 57, 677-683.
- Bloxham, S. R., Welsman, J. R., & Armstrong, N. (2005). Ergometer-specific relationships between peak oxygen uptake and peak power output in children. *Pediatric Exercise Science*, 17, 136-148.
- Bloxham, S., Armstrong, N., De Ste Croix, M., & Welsman, J. R. (2001). Peak VO₂ and Peak power output in 11-12 year olds. *Pediatric Exercise Science*, 13, 262.

- Boisseau, N., & Delamarche, P. (2000). Metabolic and hormonal responses to exercise in children and adolescents. *Sports Medicine*, 30, 405-422.
- Bosco, C., & Komi, P. V. (1980). Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 45, 209-219.
- Bottaro, M., Brown, L. E., Celes, R., Martorelli, S., Carregaro, R., & de Brito Vidal, J. C. (2011). Effect of rest interval on neuromuscular and metabolic responses between children and adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 23, 311-321.
- Boulgakova, N. (1990). *Sélection et préparation des jeunes nageurs*. Paris: Éditions Vigot.
- Brown, S. P., Miller, W. C., & Eason, J. M. (2006). *Exercise physiology: basis of human movement in health and disease*. Baltimore: Lippincott, William & Wilkins.
- Bruno, P. M., Pereira, F. D., Fernandes, R., & de Mendonça, G. V. (2011). Analysis of power output time series in response to supramaximal exercise: an approach through dynamic factor analysis. *Pediatric Exercise Science*, 23, 3-16.
- Calvert, R. E., Bar-Or, O., McGillis, L. A., & Suei, K. (1993). Total work during an isokinetic and Wingate endurance tests in circumpubertal males. *Pediatric Exercise Science*, 5, 60-71.
- Calvo, M., Rodas, G., Vallejo, M., Estruch, A., Arcas, A., Javierre, C., Viscor, G., & Ventura, J. L. (2002). Heritability of explosive power and anaerobic capacity in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 218-225.
- Carvalho, H. M., Milano, G. E., Lopes, W. A., Figueiredo, A. J., Radominski, R. B., & Leite, N. (2013). Peak oxygen uptake responses to training in obese adolescents: a multilevel allometric framework to partition the influence of body size and maturity status. *BioMed Research International*, Epub 2013 Jul 15.
- Cazorla, G. (1993). *Tests spécifiques d'évaluation du nageur*. Cestas: Association pour la recherche et l'évaluation en activité physique et en sport.
- Chia, M. (2000). Assessing young people's exercise using anaerobic performance tests. *European Journal of Physical Education*, 5, 231-258.

- Chia, M., & Armstrong, N. (2007). Maximal intensity exercise. In N. Armstrong (ed.), *Paediatric Exercise Physiology: Advances in Sport and Exercise Science series* (pp. 99-117). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Chia, Y. H. M. (2001). Power recovery in the Wingate Anaerobic Test in girls and women following prior sprints of a short duration. *Biology of Sport*, 18, 45-53.
- Chia, Y. H. M. (2004). High intensity cycle performances of adolescent boys and girls expressed in relation to lower limb muscle mass. *Biology of Sport*, 21, 121-128.
- Claessens, A. L., Beunen, G., & Malina, R. M. (2008). Anthropometry, physique, body composition and maturity. In N. Armstrong, & W. van Mechelen (Eds.), *Paediatric Exercise Science and Medicine, 2nd Ed.* (pp. 23-36). Oxford: Oxford University Press.
- Collings, P. J., Brage, S., Ridgway, C. L., Harvey, N. C., Godfrey, K. M., Inskip, H. M., Cooper, C., Wareham, N. J., & Ekelund, U. (2013). Physical activity intensity, sedentary time, and body composition in preschoolers. *American Journal of Clinical Nutrition*, 97, 1020-1028.
- Cooper, D. M., Kaplan, M. R., Baumgarten, L., Weiler-Ravell, D., Whipp, B. J., & Wasserman, K. (1987). Coupling of ventilation and CO₂ production during exercise in children. *Pediatric Research*, 21, 568-572.
- Costa, M. J., Bragada, J. A., Mejias, J. E., Louro, H., Marinho, D. A., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2012). Tracking the performance, energetics and biomechanics of international versus national level swimmers during a competitive season. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 811-820.
- Crielaard, J. M., & Pirnay, F. (1981). Anaerobic and aerobic power of top athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 47, 295-300.
- Cumming, G. R. (1973). Correlation of athletic performance and aerobic power in 12–17-year-old children with bone age, calf muscles, total body potassium, heart volume and two indices of anaerobic power. In O. Bar-Or (Ed.), *Pediatric Work Physiology* (pp. 109-134). Israel: Wingate Institute.
- De Simone, G., Devereux, R. B., Kimball, T. R., Mureddu, G. F., Roman, M. J., Contaldo, F., & Daniels, S. R. (1998). Interaction between body size and cardiac

- workload: influence on left ventricular mass during body growth and adulthood. *Hypertension*, 31, 1077-1082.
- De Ste Croix, M. B. A., Armstrong, N., Chia, M. Y. H., Welsman, J. R., Parsons, G., & Sharpe, P. (2001). Changes in short-term power output in 10- to 12-year-olds. *Journal of Sports Sciences*, 19, 141-148.
- Dencker, M., Thorsson, O., Karlsson, M. K., Lindén, C., Wollmer, P., & Andersen, L. B. (2008). Maximal oxygen uptake versus maximal power output in children. *Journal of Sports Sciences*, 26, 1397-1402.
- Deurenberg, P., Pieters, J. J., & Hautvast, J. G. (1990). The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood e young adolescent. *The British Journal of Nutrition*, 63, 293-303.
- Di Paco, A., Catapano, G. A., Vagheggini, G., Mazzoleni, S., Micheli, M. L., & Ambrosino, N. (2014). Ventilatory response to exercise of elite soccer players. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, 9, 1-5.
- Docherty, D., & Gaul, C. A. (1991). Relationship of body size, physique, and composition to physical performance in young boys and girls. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 525-532.
- Doré, E., Bedu, M., França, N. M., & Van Praagh, E. (2001). Anaerobic cycling performance characteristics in prepubescent, adolescent and young adult females. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 476-481.
- Doré, E., Diallo, O., França, N. M., Bedu, M., & Van Praagh, E. (2000). Dimensional changes cannot account for all differences in short-term cycling power during growth. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 360-365.
- Doré, E., França, N. M., Bedu, M., & Van Praagh, E. (1997). The effect of flywheel inertia on short-term cycling power output in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, S170.
- Doré, E., Martin, R., Ratel, S., Duché, P., Bedu, M., & Van Praagh, E. (2005). Gender differences in peak muscle performance during growth. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 274-280.
- Drust, B., Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B., & Reilly T. (2005). Circadian Rhythms in Sports Performance: an update. *Chronobiology International*, 22, 21-44.

- Ehrman, J. K. (2009). *Clinical exercise physiology, 2nd Ed.* Champaign: Human Kinetics.
- Eriksson, B. O. (1980). Muscle metabolism in children – a review. *Acta Physiologica Scandinavica (Supplement)*, 283, 20-28.
- Eriksson, B. O., & Koch, G. (1973). Effect of physical training on hemodynamic response during submaximal and maximal exercise in 11-13-year old boys. *Acta Physiologica Scandinavica*, 87, 27-39.
- Eriksson, B. O., Gollnick, P. D., & Saltin, B. (1973). Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiologica Scandinavica*, 87, 485-497.
- Eriksson, B. O., Karlsson, J., & Saltin, B. (1971). Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. *Acta Paediatrica Scandinavica*, 217, 154-157.
- Erlandson, M. C., Sherar, L. B., Mirwald, R. L., Maffulli, N., & Baxter-Jones, A. D. G. (2008). Growth and maturation of adolescent female gymnasts, swimmers, and tennis players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40, 34-42.
- Espanha, M., Correia, P. P., Pascoal, A. G., Silva, P. A., & Oliveira, R. (2012). *Anatomofisiologia, Tomo III, Funções da vida orgânica interna*. Cruz Quebrada: Edições FMH.
- Eston, R., Hawes, M., Martin, A., & Reilly, T. (2009). Human Body Composition. In R. Eston & T. Reilly (Eds.), *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: tests, procedures and data, 3rd Ed.* (pp. 3-53). New York: Routledge.
- Falgairrette, G., Bedu, M., Fellmann, N., Van-Praagh, E., & Coudert, J. (1991). Bioenergetic profile in 144 boys aged from 6 to 15 years with special reference to sexual maturation. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62, 151-156.
- Falgairrette, G., Duche, P., Bedu, M., Fellmann, N., & Coudert, J. (1993). Bioenergetic characteristics in prepubertal swimmers. Comparison with active and non-active boys. *International Journal of Sports Medicine*, 14, 444-448.
- Falk, B., & Bar-Or, O. (1993). Longitudinal changes in peak aerobic and anaerobic mechanical power of circumpubertal boys. *Pediatric Exercise Science*, 5, 318-331.

- Falk, B., Weinstein, Y., Dotan, R., Abramson, D. A., Mann-Segal, D., & Hoffman, J. R. (1996). A treadmill test of sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 6, 259-264.
- Faude, O., Meyer, T., Scharhag, J., Weins, F., Urhausen, A., & Kindermann, W. (2008). Volume vs. intensity in the training of competitive swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 906-912.
- Fawkner, S. G. (2007). Pulmonary function. In N. Armstrong (Ed.), *Paediatric Exercise Physiology: Advances in Sport and Exercise Science series* (pp. 119-138). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Fawkner, S. G., & Armstrong, N. (2004). Sex differences in the oxygen uptake kinetic response to heavy-intensity exercise in prepubertal children. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 210-216.
- Fernandes R. (1999). *Perfil cineantropométrico, fisiológico, técnico e psicológico do nadador pré-junior*. Dissertação de Mestrado não publicada. Porto: FCDEF-UP.
- Fernandes, R. (2006). *A especialização metabólica em crianças pré-adolescentes*. Dissertação de Mestrado não publicada. Cruz Quebrada: FMH.
- Fernandes, R. J., de Jesus, K., Baldari, C., de Jesus, K., Sousa, A. C., Vilas-Boas, J. P., & Guidetti, L. (2012). Different VO₂max time-averaging intervals in swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 33, 1010-1015.
- Fernandes, R., & Vilas-Boas, J. P. (2002). Factores influenciadores do rendimento em natação pura desportiva. Breve revisão. In R. Fernandes, C. Carmo, J. P. Vilas-Boas (Eds.), *Natação: caracterização, treino e investigação* (pp. 75-86). Porto: AEFCDEF-UP.
- Fernandes, R., & Vilas-Boas, J. P. (2006). Tempo limite à intensidade mínima correspondente ao consumo máximo de oxigénio: novos desenvolvimentos num parâmetro de recente investigação em natação. *Motricidade*, 2, 214-220.
- Fernandes, R., Barbosa, T., & Vilas-Boas, J. P. (2002). Fatores cineantropométricos determinantes em natação pura desportiva. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 4, 67-79.
- Fernandes, R., Keskinen, K., Colaço, P., Querido, A., Machado, L., Morais, P., Novais, D., Marinho, D., & Vilas Boas, J. P. (2008). Time limit at VO₂max velocity in elite crawl swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 145-150.

- Ferretti, G., Narici, M. V., Binzoni, T., Gariod, L., Le Bas, J. F., Reutenauer, H., & Cerretelli, P. (1994). Determinants of peak muscle power: effects of age and physical conditioning. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 68, 111-115.
- Figueiredo, P., Zamparo, P., Sousa, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). An energy balance of the 200 m front crawl race. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 767-777.
- Flewitt, R. (2005). Conducting research with young children: some ethical considerations. *Early Child Development and Care*, 175, 553-566.
- Foster, C., Kuffel, E., Bradley, N., Battista, R. A., Wright, G., Porcari, J. P., Lucia, A., & deKoning, J. J. (2007). VO₂max during successive maximal efforts. *European Journal of Applied Physiology*, 102, 67-72.
- Fournier, M., Ricci, J., Taylor, A. W., Ferguson, R. J., Montpetit, R. R., & Chaitman, B. R. (1982). Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 453-456.
- Fragoso, I., & Vieira, F. (2011). *Cin antropometria, Curso Prático*. Cruz Quebrada: FMH.
- Fredriksen, P. M., Ingjer, F., Nystad, W., & Thaulow, E. (1998). Aerobic endurance testing of children and adolescents – a comparison of two treadmill-protocols. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 8, 203-207.
- Freedson, P. S., & Goodman, T. L. (1993). Measurement of oxygen consumption. In T. W. Rowland (Ed.), *Pediatric Laboratory Exercise Testing, Clinical Guidelines* (pp. 91-113). Champaign: Human Kinetics.
- Fuller, K. L., & Thomas, N. E. (2013). Pretest environment and athletes preparation R. K. Tanner & C. J. Gore (Eds.), *Physiological tests for elite athletes, 2nd Ed.* (pp. 11-34). Champaign: Human Kinetics.
- Geithner, C. A., Thomis, M. A., Vanden Eynde, B., Maes, H. H., Loos, R. J., Peeters, M., Claessens, A. L., Vlietinck, R., Malina, R. M., & Beunen, G. P. (2004). Growth in peak aerobic power during adolescence. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1616-1624.

- George, K. P., Gates, P. E., & Tolfrey, K. (2005). Impact of aerobic training upon left ventricular morphology and function in pre-pubescent children. *Ergonomics*, 48, 1378-1389.
- Georgopoulos, N. A., Roupas, N. D., Theodoropoulou, A., Tsekouras, A., Vagenakis, A. G., & Markou, K. B. (2010). The influence of intensive physical training on growth and pubertal development in athletes. *Annals of the New York Academy of Science*, 1205, 39-44.
- Godo, J., Fusté, M., Solé, J., Joven, A., & Sanuy, X. (1996). Perfil cineantropométrico del nadador catalán de 15 años. *Comunicaciones Técnicas*, 3, 17-21.
- Gomes Pereira, J. H. F. (1992). Perfil Metabólico do Nadador de Alto Rendimento. Dissertação de Doutoramento não publicada. Lisboa: FMH-UTL.
- Gore, C. J., Tanner, R. K., Fuller, K. L., & Stanef, T. (2013). Determination of maximal oxygen consumption (VO_{2max}). In R. K. Tanner & C. J. Gore (Eds.), *Physiological tests for elite athletes, 2nd Ed.* (pp. 103-122). Champaign: Human Kinetics.
- Green, S. (1994). A definition and systems view of anaerobic capacity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 69, 168-173.
- Grodjinovsky, A., Inbar, O., Dotan, R., & Bar-Or, O. (1980). Training effect on the anaerobic performance of children as measured by the Wingate anaerobic test. In K. Berg, & B. O. Eriksson (Eds.), *Children and Exercise IX* (pp. 139-145). Baltimore: University Park Press.
- Guimarães, J. P., & Passos, A. D. C. (1997). Análise de concordância entre informações referidas e observadas acerca do estadiamento pubertário entre escolares do sexo feminino. *Revista de Saúde Pública*, 31, 263-271.
- Harcourt, D., & Conroy, H. (2005). Informed assent: ethics and processes when researching with young children. *Early Child Development and Care*, 175, 567-577.
- Hawkins, M. N., Raven, P. B., Snell, P. G., Stray-Gundersen, J., & Levine, B. D. (2007). Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 103-107.

- Hebestreit, H., & Beneke, R. (2008). Testing for Aerobic Capacity. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 443-452). Oxford: Blackwell Publishing.
- Hebestreit, H., Meyer, F., Htay, H., Heigenhauser, G. J. F., & Bar-Or, O. (1996). Plasma metabolites, volume and electrolytes following 30-s high-intensity exercise in boys and men. *European Journal of Applied and Occupational Physiology*, 72, 563-569.
- Hebestreit, H., Mimura, K., & Bar-Or, O. (1993). Recovery of muscle power after high-intensity short-term exercise: comparing boys and men. *Journal of Applied Physiology*, 74, 2875-2880.
- Helmantel, A. J., Elferink-Gemser, M., & Visscher, C. (2009). Trainability of VO₂max during childhood and adolescence. In M. J. Coelho e Silva, A. J. Figueiredo, M. T. Elferink-Gemser, & R. M. Malina (Eds.), *Youth Sports: Participation, Trainability and Readiness* (pp. 139-162). Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Heyward, V. (2006). *Advanced Fitness Assessment & Exercise Prescription*, 6th Ed. Champaign: Human Kinetics.
- Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied Body Composition*, 2nd Ed. Champaign: Human Kinetics.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36, 218-221.
- Hume, P., & Marfell-Jones, M. (2008). The importance of accurate site location for skinfold measurement. *Journal of Sports Science*, 26, 1333-1340.
- Inbar, O. (1985). The Wingate Anaerobic Test: its performance, characteristics, applications, and norms. Israel: Wingate Book Publications (Hebrew) – cit.
- Inbar, O., & Chia, M. (2008). Development of maximal anaerobic performance: an old issue revisited. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 27-38). Oxford: Blackwell Publishing.
- Inbar, O., & Bar-Or, O. (1986). Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 18, 264-269.

- Inbar, O., & Chia, M. (2008). Development of maximal anaerobic performance: an old issue revisited. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 27-38). Oxford: Blackwell Publishing.
- Inbar, O., Bar-Or, O., & Skinner, J. S. (1996). *The Wingate anaerobic test*. Champaign: Human Kinetics.
- Ingle, L., Sleaf, M., & Tolfrey, K. (2006). The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early pubertal boys. *Journal of Sports Sciences*, 24, 987-997.
- Jago, R., & Bailey, R. (2001). Ethics and paediatric exercise science: issues and making a submission to a local ethics and research committee. *Journal of Sports Sciences*, 19, 527-535.
- Jan, K. F., Kwon, S., Letuchy, E. M., Eichenberger Gilmore, J. M., Burns, T. L., Torner, J. C., Willing, M. C., & Levy, S. M. (2009). Sustained effect of early physical activity on body fat mass in older children. *American Journal of Preventive Medicine*, 37, 35-40.
- Jan, K. F., Letuchy, E. M., Eichenberger Gilmore, J. M., Burns, T. L., Torner, J. C., Willing, M. C., & Levy, S. M. (2010). Early physical activity provides sustained bone health benefits later in childhood. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42, 1072-1078.
- Jolliffe, C. J., & Janssen, I. (2006). Vascular risks and management of obesity in children and adolescents. *Vascular Health Risk Management*, 2, 171-187.
- Kemper, H. C. (1986). Longitudinal studies on the development of health and fitness and the interaction with physical activity of teenagers. *Pediatrician*, 13, 52-59.
- Kemper, H. C. G. (2008). Longitudinal studies during growth and training: importance and principles. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 469-485). Oxford: Blackwell Publishing.
- Kemper, H. C. G., Snel, J., Verschuur, R., & Storm-van Essen, L. (1990). Tracking of health and risk indicators of cardiovascular diseases from teenager to adult: Amsterdam Growth and Health Study. *Preventive Medicine*, 19, 642-655.
- Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2012). *Physiology of Sport and Exercise*, 5th Ed. Champaign: Human Kinetics.

- Keskinen, O. P., Keskinen, K. L., & Mero, A. A. (2007). Effect of pool length on blood lactate, heart rate, and velocity in swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 407-413.
- Kuno, S., Takahashi, H., Fujimoto, K., Akima, H., Miyamaru, M., Nemoto, I., Itai, Y., & Katsuta, S. (1995). Muscle metabolism during exercise using phosphorus-31 nuclear magnetic resonance spectroscopy in adolescents. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70, 301-304.
- Latt, E., Jurimae, J., Maestu, J., Purge, P., Ramson, R., Haljaste, K., Keskinen, K. L., Rodriguez, F. A., & Jurimae, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 398-404.
- Loftin, M., Sothorn, M., Warren, B., & Udall, J. (2004). Comparison of VO₂ peak during treadmill and cycle ergometry in severely overweight youth. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 254-260.
- Logan, G. R., Harris, N., Duncan, S., & Schofield, G. (2014). A review of adolescent high-intensity interval training. *Sports Medicine*. [Epub ahead of print].
- Lohman, T. G., Going, S. B., & Herrin, B. R. (2008). Body composition assessment in the young athlete. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 415-429). Oxford: Blackwell Publishing.
- Lomax, M. (2011). The effect of three recovery protocols on blood lactate clearance following race paced swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2771-2776.
- Lomax, M., Iggleden, C., Tourell, A., Castle, S., & Honey, J. (2012). Inspiratory muscle fatigue following raced-paced swimming is not restricted to the front crawl stroke. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2729-2733.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*. Champaign: Human Kinetics.
- Maia, J., Mota, J., Vilas-Boas, J. P., & Santos Silva, J. V. (1988). Controlo do treino e aconselhamento de nadadores da associação de natação do Porto – primeiros resultados de avaliação cineantropométrica. Comunicações do XI Congresso Técnico Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação, Viana do Castelo.

- Malina, R. M. (2001). Tracking of physical activity across the lifespan. *Research Digest: President's Council on Physical Fitness and Sports, Series 3*, 14, 1-8.
- Malina, R. M. (2007). Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. *Clinics in Sports Medicine*, 26, 37-68.
- Malina, R. M. (2008). Skill acquisition in childhood and adolescence. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 96-111). Oxford: Blackwell Publishing.
- Malina, R. M. (2009). Children and Adolescents in the Sport Culture: The Overwhelming Majority to the Select Few. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 7, S1-S10.
- Malina, R. M. (2011). Skeletal age and age verification in youth sport. *Sports Medicine*, 41, 925-947.
- Malina, R. M., & Beunen, G. (2008). Growth and Maturation: Methods of Monitoring. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 430-442). Oxford: Blackwell Publishing.
- Malina, R. M., & Geithner, C. A. (2011). Body composition of young athletes. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 5, 262-278.
- Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation and physical activity* (2nd Ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Mamen, A., Resaland, G. K., Mo, D. A., & Anderson, L. B. (2009). Comparison of peak oxygen uptake in boys exercising on treadmill and cycle ergometers. In T. Jurimae, N. Armstrong, & J. Jurimae (Eds.), *Children and Exercise XXIV* (pp. 223-226). Oxfordshire: Routledge.
- Mandigout, S., Lecoq, A. M., Courteix, D., Guenon, P., & Obert, P. (2001). Effect of gender in response to an aerobic training programme in prepubertal children. *Acta Paediatrica*, 90, 9-15.
- Margaria, R., Aghemo, P., & Rovelli, E. (1966). Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *Journal of Applied Physiology*, 21, 1662-1664.
- Marinho, D. A., Amorim, R. A., Costa, A. M., Marques, M. C., Pérez-Turpin, J. A., & Neiva, H. P. (2011). "Anaerobic" critical velocity and swimming performance in young swimmers. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6, 80-86.

- Marinho, D. A., Silva, A. J., Reis, V. M., Costa, A. M., Brito, J. P., Ferraz, R., & Marques, M. C. (2009). Changes in critical velocity and critical stroke rate during a 12 week swimming training period: a case study. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4, 48-56.
- Marinov, B., Kostianev, S., & Turnovska, T. (2003). Modified treadmill protocol for evaluation of physical fitness in pediatric age group – comparison with Bruce and Balke protocols. *Acta Physiologica et Pharmacologica Bulgarica*, 27, 47-51.
- Martin, D., Carl, K., & Lehnertz, K. (2001). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Martin, J. C., & Malina, R. M. (1998). Developmental variations in anaerobic performance associated with age and sex. In E. Van Praagh (Ed.), *Pediatric Anaerobic Performance* (pp. 45-64). Champaign: Human Kinetics.
- Martin, R. J., Doré, E., Twisk, J., Van Praagh, E., Hautier, C. A., & Bedu, M. (2004). Longitudinal changes in maximal short-term peak power in girls and boys during growth. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 498-503.
- Matos, N., & Winsley, R. J. (2007). Trainability of young athletes and overtraining. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 353-367.
- Mayers, N., & Gutin, B. (1979). Physiological characteristics of elite prepubertal cross-country runners. *Medicine and Science in Sports*, 11, 172-176.
- McGawley, K., Leclair, E., Dekerle, J., Carter, H., & Williams, C. A. (2012). A test to assess aerobic and anaerobic parameters during maximal exercise in young girls. *Pediatric Exercise Science*, 24, 262-274.
- McManus, A. M., & Armstrong, N. (2011). Physiology of elite young female athletes. In N. Armstrong, & A. M. McManus (Eds.), *The Elite Young Athlete* (pp. 23-46). Medicine and Sport Sciences Basel: Karger.
- McManus, A. M., Armstrong, N., & Williams, C. A. (1997). Effect of training on the aerobic power and anaerobic performance of prepubertal girls. *Acta Paediatrica*, 86, 456-459.
- McNarry, M. A., Mackintosh, K. A., & Stoedefalke, K. (2014). Longitudinal investigation of training status and cardiopulmonary responses in pre- and early-

- pubertal children. *European Journal of Applied Physiology*. [Epub ahead of print].
- McNarry, M. A., Welsman, J. R., & Jones, A. M. (2011a). Influence of training and maturity status on the cardiopulmonary responses to ramp incremental cycle and upper body exercise in girls. *Journal of Applied Physiology*, 110, 375-381.
- McNarry, M. A., Welsman, J. R., & Jones, A. M. (2011b). Influence of training status and exercise modality on pulmonary O₂ uptake kinetics in pubertal girls. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 621-631.
- McNarry, M. A., Welsman, J. R., & Jones, A. M. (2011c). The influence of training and maturity status on girls' responses to short-term, high-intensity upper- and lower-body exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36, 344-352.
- McNarry, M., & Jones, A. (2014). The influence of training status on the aerobic and anaerobic responses to exercise in children: a review. *European Journal of Sport Sciences*, 14, S57-68.
- Mercier, J., Varray, A., Ramonatxo, M., Mercier, B., & Préfaut, C. (1991). Influence of anthropometric characteristics on changes in maximal exercise ventilation and breathing pattern during growth in boys. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 63, 235-241.
- Michele, R. D., Gatta, G., Leo, A. D., Cortesi, M., Andina, F., Tam, E., Boit, M. D., & Merni, F. (2012). Estimation of the anaerobic threshold from heart rate variability in an incremental swimming test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 3059-3066.
- Midgley, A. W., Bentley, D. J., Luttikholt, H., McNaughton, L. R., & Millet, G. P. (2008). Challenging a dogma of exercise physiology: does an incremental exercise test for valid VO₂ max determination really need to last between 8 and 12 minutes? *Sports Medicine*, 38, 441-447.
- Miyamura, M., & Honda, Y. (1973). Maximum cardiac output related to sex and age. *Japanese Journal of Physiology*, 23, 645-656.
- Morais, J. E., Garrido, N. D., Marques, M. C., Silva, A. J., Marinho, D. A., & Barbosa, T. M. (2013). The influence of anthropometric, kinematic and energetic variables and gender on swimming performance in youth athletes. *Journal of Human Kinetics*, 39, 203-211.

- Moritani, T., Oddsson, L., Thorstensson, A., & Astrand, P. O. (1989). Neural and biomechanical differences between men and young boys during a variety of motor tasks. *Acta Physiologica Scandinavica*, 137, 347–355.
- Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 27, 161-169.
- Mortari, L., & Harcourt, D. (2012). ‘Living’ ethical dilemmas for researchers when researching with children. *International Journal of Early Years Education*, 20, 234-243.
- Mujika, I. (1998). The influence of training characteristics and tapering on the adaptation in highly trained individuals: a review. *International Journal of Sports Medicine*, 19, 439-446.
- Murphy, S. E. (2001). *The relationship between aerobic and anaerobic power in untrained pre and post-menarcheal females*. Amherst: University of Massachusetts.
- Navarro, F., & Feal, R. A. (2001). *Planificación y control del entrenamiento en natación*. Madrid: Editorial Gymnos.
- Nevill, M. (2003). Young people as participants in exercise physiology research: practical issues. *Journal of Sports Sciences*, 21, 881-881.
- Nottin, S., Vinet, A., Stecken, F., N'Guyen, L. D., Ounissi, F., Lecoq, A. M., & Obert, P. (2002). Central and peripheral cardiovascular adaptations to exercise in endurance-trained children. *Acta Physiologica Scandinavica*, 175, 85-92.
- Obeid, J., Larché, M. J., & Timmons, B. W. (2011). Optimizing the wingate anaerobic cycling test for youth with juvenile idiopathic arthritis. *Pediatric Exercise Science*, 23, 303-310.
- Obert, P., Mandigout, M., Vinet, A., & Courteix, D. (2001). Effect of a 13-week aerobic training programme on the maximal power developed during a force-velocity test in prepubertal boys and girls. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 442-446.
- Obert, P., Mandigouts, S., Nottin, S., Vinet, A., N'Guyen, L. D., & Lecoq, A. M. (2003). Cardiovascular responses to endurance training in children: effect of gender. *European Journal of Clinical Investigation*, 33, 199-208.

- Oyen, E. M., Schuster, S., & Brode, P. E. (1990). Dynamic exercise echocardiography of the left ventricle in physically trained children compared to untrained healthy children. *International Journal of Cardiology*, 29, 29-33.
- Paterson, D. H., Cunningham, D. A., & Bumstead, L. A. (1986). Recovery O₂ and blood lactic acid: longitudinal analysis in boys aged 11 to 15 years. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55, 93-99.
- Petot, H., Meilland, R., Le Moyec, L., Mille-Hamard, L., & Billat V. L. (2012). A new incremental test for VO_{2max} accurate measurement by increasing VO_{2max} plateau duration, allowing the investigation of its limiting factors. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 2267-2276.
- Peyrebrune, M. (2005). British swimming training classification: description and training intensity measurements. Acesso em 20/11/2013: http://npswim.webmanagementsystem.biz/wp-content/uploads/2013/04/Training_classification.pdf.
- Peyrebrune, M. C., Toubekis, A. G., Lakomy, H. K. A., & Nevill, M. E. (2014), Estimating the energy contribution during single and repeated sprint swimming. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24, 369-376.
- Pfeiffer, K. A., Lobelo, F., Ward, D. S., & Pate, R. R. (2008). Endurance Trainability of Children and Youth. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 84-95). Oxford: Blackwell Publishing.
- Pires, H., Silva, A., & Campaniço, J. (2000). As características antropométricas nos grupos de idade: estudo normativo da realidade nacional. Comunicações do XXIII Congresso Técnico Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação, Vila Real.
- Pitetti, K. H., Fernhall, B., & Figoni, S. (2002). Comparing two regression formulas that predict VO₂ Peak using 20-M shuttle run for children and adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 14, 125-134.
- Platonov, V. N., Fessenko, S. L. (1994). *Los sistemas de entrenamiento de los mejores nadadores del mundo* (Vol. I, II). Barcelona: Paidotribo.
- Powell, M. A., & Smith, A. B. (2009). Children's Participation Rights in Research. *Childhood*, 16, 124-142.

- Prasad, N., Coutts, K. D., Jespersen, D. K., Wolski, L. A., Cooper, T. K., Sheel, W., Lama, I. L., & McKenzie, D. C. (1995). Relationship between aerobic and anaerobic exercise capacities in pre-pubertal children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, S640.
- Rama, L., & Alves, F. (2004). Factores determinantes dos nadadores portugueses pré-juniores. Comunicações do XXVII Congresso Técnico Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação, Lisboa.
- Rama, L., & Alves, F. (2006). Modelo de Formação Desportiva em Natação Pura. In M. C. Silva, C. E. Gonçalves & A. Figueiredo (Eds.), *Desporto de Jovens ou Jovens no Desporto?* (pp. 37-86). Coimbra: FCDEF.
- Rama, L., & Teixeira A. (2004). Factores determinantes no rendimento de jovens nadadores portugueses. Comunicações do XXVII Congresso Técnico Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação, Lisboa.
- Rama, L., Santos, J., Gomes, P., & Alves, F. (2006). Determinant factors related to performance in young swimmers. In J. P. Vilas-Boas, F. Alves, & A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X* (pp. 246-249). Porto: Portuguese Journal of Sport Sciences, 6 (Suppl 2).
- Raposo, A. V. (2002). O planeamento do treino desportivo. Lisboa: Editorial Caminho.
- Raposo, A. V. (2006). Formar nadadores – um processo a longo prazo. Lisboa: Editorial Caminho.
- Ratel, S., Duche, P., Hennegrave, A., Van Praagh, E., & Bedu, M. (2002). Acid-base balance during repeated cycling sprints in boys and men. *Journal of Applied Physiology*, 92, 479-485.
- Rebello-Gonçalves, R., Figueiredo, A. J., Duarte, J. P., Pereira, J. R., Fernandes, R. A., Simões, F., Severino, V., Valente-dos-Santos, J., Vaz, V., Cupido-dos-Santos, A., Coelho-e-Silva, M. J., Tessitore, A., Armstrong, N. (2014). Agreement between peak power outputs obtained from the application of common braking force and the estimated optimal load in soccer goalkeepers. In M. J. Coelho-e-Silva, A. Cupido-dos-Santos, A. J. Figueiredo, J. P. Ferreira & N. Armstrong (Eds.), *Children and Exercise XXVIII, The Proceedings of the 28th Pediatric Work Physiology Meeting* (pp. 277-281). New York: Routledge.

- Reis, J. F., Alves, F. B., Bruno, P. M., Vleck, V., & Millet, G. P. (2012). Effects of aerobic fitness on oxygen uptake kinetics in heavy intensity swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 1689-1697.
- Reis, V. M., Marinho, D. A., Barbosa, F. P., Reis, A. M., Guidetti, L., & Silva, A. J. (2010a). Examining the accumulated oxygen deficit method in breaststroke swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 109, 1129-1135.
- Reis, V. M., Marinho, D. A., Policarpo, F. B., Carneiro, A. L., Baldari, C., & Silva, A. J. (2010b). Examining the accumulated oxygen deficit method in front crawl swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 31, 421-427.
- Ribeiro, S. (2007). *Avaliação indirecta da funcionalidade anaeróbia de nadadores de diferente estatuto maturacional com recurso a testes laboratoriais e de terreno*. Dissertação de Doutoramento não publicada. Porto: FADEUP.
- Riddoch, C. J., Mattocks, C., Deere, K., Saunders, J., Kirkby, J., Tilling, K., Leary, S. D., Blair, S. N., & Ness, A. R. (2007). Objective measurement of levels and patterns of physical activity. *Archives of Disease in Childhood*, 92, 963-969.
- Rivera-Brown, A. M., & Frontera, W. R. (1998). Achievement of plateau and reliability of VO₂max in trained adolescents tests with different ergometers. *Pediatric Exercise Science*, 10, 164-175.
- Rivera-Brown, A. M., Rivera, M. A., & Frontera, W. R. (1992). Applicability of criteria for VO₂max in active adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 4, 331-339.
- Rodriguez, F. A. (2000). Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400-m free swimming, running and cycling tests in competitive swimmers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40, 87-95.
- Rossi, F. E., Ricci-Vitor, A. L., Sabino, J. P., Vanderlei, L. C., & Freitas Junior, I. F. (2013). Autonomic modulation and its relation with body composition in swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Dec 16. [Epub ahead of print].
- Rotstein, A., Dotan, R., Bar-Or, O., & Tenenbaum, G. (1986). Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 281-286.
- Rowland, T. (2002). On being a metabolic nonspecialist. *Pediatric Exercise Science*, 14, 315-320.

- Rowland, T. W. (1993). Does peak VO₂ reflect VO₂max in children?: evidence from supramaximal testing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 689-693.
- Rowland, T. W. (2005). *Children's Exercise Physiology, 2nd Ed.* Champaign: Human Kinetics.
- Rowland, T. W. (2008). Cardiorespiratory responses during endurance exercise: maturation and growth. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 39-49). Oxford: Blackwell Publishing.
- Rowland, T. W. (2009). Endurance athletes' stroke volume response to progressive exercise: A critical review. *Sports Medicine*, 39, 687-695.
- Rowland, T. W., & Cunningham, L. N. (1997). Development of ventilatory responses to exercise in normal white children. A longitudinal study. *Chest*, 111, 327-332.
- Rowland, T. W., Bougault, V., Walther, G., Nottin, S., Vinett, A., & Obert, P. (2009a). Cardiac responses to swim bench exercise in age-group swimmers and non-athletic children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 266-272.
- Rowland, T. W., Garrard, M., Marwood, S., Guerra, M. E., Roche, D., & Unnithan, V. B. (2009b). Myocardial performance during progressive exercise in athletic adolescent males. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, 1721-1728.
- Rowland, T., Goff, D., Martel, L., & Ferrone, L. (2000). Influence of cardiac functional capacity on gender differences in maximal oxygen uptake in children. *Chest*, 117, 629-635.
- Rowland, T., Unnithan, V., Fernhall, B., Baynard, T., & Lange, C. (2002). Left ventricular response to dynamic exercise in young cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 637-642.
- Rutenfranz, J., Andersen, K. L., Seliger, V., Klimmer, F., Berndt, I., & Ruppel, M. (1981). Maximum aerobic power and body composition during the puberty growth period: similarities and differences between children of two European countries. *European Journal of Pediatrics*, 136, 123-133.
- Saito, M. I. (1984). Maturação sexual: auto avaliação do adolescente. *Pediatrics*, 6, 111-115.

- Santos, A. M. C., Armstrong, N., De Ste Croix, M. B. A., Sharpe, P., & Welsman, J. R. (2003). Optimal peak power in relation to age, body size, gender, and thigh muscle volume. *Pediatric Exercise Science*, 15, 406-418.
- Santos, A. M. C., Welsman, J. R., De Ste Croix, M. B. A., & Armstrong, N. (2002). Age- and sex-related differences in optimal peak power. *Pediatric Exercise Science*, 14, 202-212.
- Santos, M. A. M., Leandro, C. G., & Guimarães, F. J. S. (2007). Composição corporal e maturação somática de meninas atletas e não-atletas de natação da cidade do Recife, Brasil. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*, 7, 175-181.
- Saunders, P. U., Telford, R. D., Pyne, D. B., Hahn, A. G., & Gore, C. J. (2009). Improved running economy and increased hemoglobin mass in elite runners after extended moderate altitude exposure. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 67-72.
- Scammon, R. E. (1930). The measurement of the body in childhood. In J. A. Harris, C. M. Jackson, D. G. Paterson & R. E. Scammon (Eds.), *The measurement of man* (pp. 173-215). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Schneider, P., & Meyer, F. (2005). Anthropometric and muscle strength evaluation in prepubescent and pubescent swimmer boys and girls. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11, 200-203.
- Seeley, R. R., Tate, P., & Stephens, T. D. (2008). *Anatomy and physiology, 7th Ed.* New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Severino, V., Coelho-e-Silva, M. J., Duarte, J. P., Pereira, J. R., Simões, F., Rebelo-Gonçalves, R., Valente-dos-Santos, J., Castagna, C., & Figueiredo, A. J. (2014). Absolute and scaled peak power assessments in young male soccer players: variation by playing position. In M. J. Coelho-e-Silva, A. Cupido-dos-Santos, A. J. Figueiredo, J. P. Ferreira & N. Armstrong (Eds.), *Children and Exercise XXVIII, The Proceedings of the 28th Pediatric Work Physiology Meeting* (pp. 257-261). New York: Routledge.
- Shephard, R. J. (1984). Tests of maximum oxygen intake: a critical review. *Sports Medicine*, 1, 99-124.

- Shephard, R. J., & Bar-Or, O. (1970). Alveolar ventilation in near maximum exercise. Data on pre-adolescent children and young adults. *Medicine and Science in Sports*, 2, 83-92.
- Sherar, L. B., Baxter-Jones, A. D., & Mirwald, R. L. (2004). Limitations to the use of secondary sex characteristics for gender comparisons. *Annals of Human Biology*, 31, 586-593.
- Silva, P. A., & Correia, P. P. (2010). Fisiologia do músculo esquelético. In P. P. Correia, & M. Espanha (Eds.), *Aparelho locomotor volume 1, Anatomofisiologia dos sistemas nervoso, osteoarticular e muscular* (245-265). Cruz Quebrada: Edições FMH.
- Slater, G., Woolford, S. M., & Marfell-Jones, M. J. (2013). Assessment of physique. In R. K. Tanner & C. J. Gore (Eds.), *Physiological tests for elite athletes, 2nd Ed.* (pp. 167-198). Champaign: Human Kinetics.
- Slaughter, M. H., Lohman, T. G., Boileau, R. A., Horswill, C. A., Stillman, R. J., Van Loan, M. D., & Bembien, D. A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 60, 709-723.
- Sousa, A. C., Figueiredo, P., Oliveira, N. L., Oliveira, J., Silva, A. J., Keskinen, K. L., Rodríguez, F. A., Machado, L. J., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). VO₂ kinetics in 200-m race-pace front crawl swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 32, 765-770.
- Sousa, A., de Jesus, K., Figueiredo, P., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes R. F. (2013). Cinética do consumo de oxigênio a intensidades de nado moderada e extrema. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 19, 186-190.
- Sperlich, B., Zinner, C., Heilemann, I., Kjendlie, P., Holmberg, H., & Mester J. (2010). High-intensity interval training improves VO_{2peak}, maximal lactate accumulation, time trial and competition performance in 9–11-year-old swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 110, 1029-1036.
- Stager, J. M. (2005). Central adaptations: heart, blood and lung. In J. M. Stager, & D. A. Tanner (Eds.), *Swimming – Handbook of Sports Medicine and Science, 2nd Ed.* (pp. 20-34). Oxford: Blackwell Publishing.

- Stager, J. M., & Coyle, M. A. (2005). Energy systems. In J. M. Stager, & D. A. Tanner (Eds.), *Swimming – Handbook of Sports Medicine and Science*, 2nd Ed. (pp. 1-19). Oxford: Blackwell Publishing.
- Stewart, A. D., Marfell-Jones, M. J., Olds, T., & De Ridder, J. H. (2011). *International standards for anthropometric assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)*. New Zealand: Lower Hutt.
- Strong, W. B., Malina, R. M., Blimkie, C. J. R., Daniels, S. R., Dishman, R. K., Gutin, B., Hergenroeder, A. C., Must, A., Nixon, P. A., Pivarnik, J. M., Rowland, T., Trost, S., & Trudeau, F. (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *The Journal of Pediatrics*, 146, 732-737.
- Sutton, N. C., Childs, D. J., Bar-Or, O., & Armstrong, N. (2000). A non-motorized treadmill test to assess children's short-term power output. *Pediatric Exercise Science*, 12, 91-100.
- Sweetenham, B., & Atkinson, J. (2003). *Championship Swim Training*. Champaign: Human Kinetics.
- Tammelin, T., Nayha, S., Hills, A. P., & Jarvelin, M. R. (2003). Adolescent participation in sports and adult physical activity. *American Journal of Preventive Medicine*, 24, 22-28.
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37, 153-156.
- Tanner, J. M. (1962). *Growth and adolescence*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Telama, R., Yang, X., Hirvensalo, M., & Raitakari, O. (2006). Participation in organized youth sport as a predictor of adult physical activity: a 21-year longitudinal study. *Pediatric Exercise Science*, 17, 76-88.
- Timmons, B. W., Bar-Or, O., & Riddell, M. C. (2003). Oxidation rate of exogenous carbohydrate during exercise is higher in boys than in men. *Journal of Applied Physiology*, 94, 278-284.
- Tolfrey, K. (2007). Responses to training. In N. Armstrong (Ed.), *Paediatric Exercise Physiology: Advances in Sport and Exercise Science series* (pp. 213-234). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.

- Tolfrey, K., Campbell, I. G., & Batterham, A. M. (1998). Aerobic trainability of prepubertal boys and girls. *Pediatric Exercise Science*, 10, 248-263.
- Tomazin, K., Skof, B., Dolenec, A., & Coh, M. (2008). Gender-related differences in maximum mechanical power output in short-term activities in children and adolescents. *Collegium Antropologicum*, 32, 821-828.
- Toussaint, H. M., & Hollander, A. P. (1994). Energetics of competitive swimming. Implications for training programmes. *Sports Medicine*, 18, 384-405.
- Trochim, W. M. K. (2006). *The Research methods knowledge base, 3rd Ed.* Acesso em 02/09/2012: <http://www.socialresearchmethods.net/kb/>.
- Turley, K., Rogers, D. M., Harper, K. M., Kujawa, K. I., & Wilmore J. H. (1995). Maximal treadmill versus cycle ergometry testing in children: differences, reliability, and variability of responses. *Pediatric Exercise Science*, 7, 49-60.
- Valdivielso, F. N., Gaia, A. O., & Castañón, F. J. (2003). *El entrenamiento del nadador joven*. Madrid: Editorial Gymnos.
- Van Laethem, C., De Sutter, J., Peersman, W., & Calders, P. (2009). Intratest reliability and test-retest reproducibility of the oxygen uptake efficiency in healthy participants. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 16, 493-498.
- Van Praagh, E. (2000). Development of anaerobic function during childhood and adolescence. *Pediatric Exercise Science*, 12, 150-173.
- Van Praagh, E. (2008). Testing anaerobic performance. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 453-468). Oxford: Blackwell Publishing.
- Van Praagh, E., & Doré, E. (2002) Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Medicine*, 32, 701-728.
- Van Praagh, E., Fellman, N., Bedu, M., Falgairette, G., & Coudert, J. (1990). Gender difference in the relationship of anaerobic power output to body composition in children. *Pediatric Exercise Science*, 2, 336-348.
- Vieira, F., & Fragoso, I. (2006). *Morfologia e crescimento, 2nd Ed.* Cruz Quebrada: FMH.
- Vinet, A., Mandigout, S., Nottin, S., Nguyen, L., Lecoq, A. M., Courteix, D., & Obert, P. (2003). Influence of body composition, hemoglobin concentration, and

- cardiac size and function of gender differences in maximal oxygen uptake in prepubertal children. *Chest*, 124, 1494-1499.
- Vinet, A., Nottin, S., Lecoq, A. M., & Obert, P. (2002). Cardiovascular responses to progressive cycle exercise in healthy children and adults. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 242-246.
- Warburton, D. E. R., Nettlefold, L., McGuire, K. A., & Bredin, S. S. D. (2008). Cardiovascular function. In N. Armstrong, & W. van Mechelen (Eds.), *Paediatric Exercise Science and Medicine, 2nd Ed.* (pp. 77-96). Oxford: Oxford University Press.
- Wells, G. D., Schneiderman-Walker, J., & Plyley, M. (2006). Normal Physiological Characteristics of Elite Swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 17, 30-52.
- Welsman, J. R., & Armstrong, N. (2000). Longitudinal changes in submaximal oxygen uptake in 11–13 year olds. *Journal of Sports Sciences*, 18, 183-189.
- Welsman, J. R., & Armstrong, N. (2007). Interpreting performance in relation to body size. In N. Armstrong (Ed.), *Paediatric Exercise Physiology: Advances in Sport and Exercise Science series* (pp. 27-46). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Welsman, J. R., & Armstrong, N. (2008a). Interpreting exercise performance data in relation to body size. In N. Armstrong, & W. Van Mechelen (Eds.), *Paediatric exercise science and medicine, 2nd Ed.* (pp. 13-21). Oxford: Oxford University Press.
- Welsman, J. R., & Armstrong, N. (2008b). Scaling for size: relevance to understanding effects of growth on performance. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 50-62). Oxford: Blackwell Publishing.
- Welsman, J., Bywater, K., Farr, C., Welford, D., & Armstrong, N. (2005). Reliability of peak VO(2) and maximal cardiac output assessed using thoracic bioimpedance in children. *European Journal of Applied Physiology*, 94, 228-234.
- Wijnstok, N. J., Hoekstra, T., van Mechelen, W., Kemper, H. C., & Twisk, J. W. (2013). Cohort profile: the Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *International Journal of Epidemiology*, 42, 422-429.
- Wilkie, K., & Madsen, O. (1990). *El entrenamiento del nadador juvenil*. Buenos Aires: Editorial Stadium.

- Williams, C. A. P., & Keen, P. (2001). Isokinetic measurement of maximal muscle power during leg cycling – a comparison of adolescent boys and adult men. *Pediatric Exercise Science*, 13, 154-166.
- Williams, C., Armstrong, N., & Powell, J. (2000). Aerobic responses of prepubertal boys to two modes of training. *British Journal of Sports Medicine*, 34, 168-173.
- Williams, J. R., & Armstrong, N. (1991). The influence of age and sexual maturation on children's blood lactate responses to exercise. *Pediatric Exercise Science*, 3, 111-120.
- Winsley, R. J. (2007). Cardiovascular function. In N. Armstrong (Ed.), *Paediatric Exercise Physiology: Advances in Sport and Exercise Science series* (pp. 139-160). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Winsley, R. J., Fulford, J., Roberts, A. C., Welsman, J. R., & Armstrong, N. (2009). Sex difference in peak oxygen uptake in prepubertal children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 647-651.
- Winter, E. M., & Cobb, M. (2008). Ethics in paediatric research: principles and processes. In N. Armstrong, & W. van Mechelen (Eds.), *Paediatric Exercise Science and Medicine, 2nd Ed.* (pp. 3-12). Oxford: Oxford University Press.
- Yoon, B. K., Kravitz, L., & Robergs, R. (2007). VO₂max, protocol duration, and the VO₂ plateau. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 1186-1192.
- Zanconato, S., Buchthal, S., Barstow, T. J., & Cooper, D. M. (1993). 31P-magnetic resonance spectroscopy of leg muscle metabolism during exercise in children and adults. *Journal of Applied Physiology*, 74, 2214-2218.
- Zuniga, J., Housh, T. J., Mielke, M., Hendrix, C. R., Camic, C. L., Johnson, G. O., Housh, D. J., & Schmidt, R. J. (2011). Gender comparisons of anthropometric characteristics of young sprint swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 103-108.

Anexos

Anexo 1. Exemplo de carta enviada aos clubes

**Ao Exmo. Senhor Presidente do
Clube de Natação de Torres Novas e
com conhecimento do Diretor Técnico**

Rio Maior ____ de ____ de ____

A Universidade da Madeira e a Escola Superior de Desporto de Rio Maior, Instituto Politécnico de Santarém, no âmbito do Doutoramento em Ciências do Desporto, encontram-se a desenvolver uma investigação sobre a Especialização Metabólica em Crianças e Adolescentes praticantes da modalidade de natação pura desportiva. O estudo foi desenhado para caracterizar e avaliar os efeitos fisiológicos do treino na modalidade. Assim, não pretendemos intervir no treino, mas sim na avaliação das características morfológicas e da aptidão aeróbia e anaeróbia, em conjunto com os treinadores, ao longo de uma época desportiva.

Nesse sentido, pedimos a colaboração institucional, nomeadamente disponibilizando os atletas do clube que aceitem participar no estudo. De salientar que nos propomos a fornecer todos os dados recolhidos aos treinadores para os auxiliar no planeamento e prescrição do treino. Conquanto, garantimos que as recolhas de dados não interfiram com o treino e ou prestação desportiva dos atletas.

Atenciosamente,

Assinatura do Doutorando

(Mário André Rodrigues Ferreira)

Anexo 2. Termo de Assentimento e Consentimento – Grupo de natação

A *Universidade da Madeira* e a *Escola Superior de Desporto de Rio Maior, Instituto Politécnico de Santarém*, no âmbito do Doutoramento em Ciências do Desporto, encontram-se a desenvolver uma investigação sobre a Especialização Metabólica em Crianças e Adolescentes praticantes da modalidade de natação pura desportiva. O estudo em que está a ser convidado a participar foi desenhado para caracterizar e avaliar os efeitos fisiológicos do treino na modalidade.

Nesse sentido, serão efetuadas medições antropométricas (estatura, peso e composição corporal através da avaliação de pregas adiposas), e avaliação da aptidão aeróbia em passadeira rolante com recurso à espirometria, e da aptidão anaeróbia com recurso ao teste anaeróbio *Wingate* realizado em cicloergómetro com os membros inferiores. A supervisão dos testes será sempre assegurada por dois técnicos qualificados.

Assim, o Atleta bem como o seu Responsável Legal foram informados dos objetivos do estudo e dos procedimentos experimentais, compreendendo que o atleta iria ser avaliado quanto à morfologia e quanto ao desempenho aeróbio e anaeróbio em testes de laboratório, aplicados por técnicos qualificados.

Após o entendimento das implicações do estudo, permitindo desta forma a utilização dos resultados para fins científicos e pedagógicos, e em concordância com uma participação voluntária e suscetível de ser interrompida em qualquer momento de recolha:

Eu (Atleta) _____, concordo em participar nas sessões acima descritas, e eu (Responsável Legal pelo Atleta) _____, autorizo a sua participação e utilização dos resultados com uso restrito confinado às instituições envolvidas.

Rio Maior ____ de _____ de _____

Assinatura do Atleta

Assinatura do Responsável Legal

Anexo 3. Termo de Assentimento e Consentimento – Grupo de controlo

A *Universidade da Madeira* e a *Escola Superior de Desporto de Rio Maior, Instituto Politécnico de Santarém*, no âmbito do Doutoramento em Ciências do Desporto, encontram-se a desenvolver uma investigação sobre a Especialização Metabólica em Crianças e Adolescentes não praticantes de qualquer modalidade desportiva. O estudo em que está a ser convidado a participar foi desenhado para caracterizar e avaliar os efeitos fisiológicos do crescimento e maturação no desempenho aeróbio e anaeróbio.

Nesse sentido, serão efetuadas medições antropométricas (estatura, peso e composição corporal através da avaliação de pregas adiposas), e avaliação da aptidão aeróbia em passadeira rolante com recurso à espirometria, e da aptidão anaeróbia com recurso ao teste anaeróbio *Wingate* realizado em cicloergómetro com os membros inferiores. A supervisão dos testes será sempre assegurada por dois técnicos qualificados.

Assim, o Participante bem como o seu Responsável Legal foram informados dos objetivos do estudo e dos procedimentos experimentais, compreendendo que o atleta iria ser avaliado quanto à morfologia e quanto ao desempenho aeróbio e anaeróbio em testes de laboratório, aplicados por técnicos qualificados.

Após o entendimento das implicações do estudo, permitindo desta forma a utilização dos resultados para fins científicos e pedagógicos, e em concordância com uma participação voluntária e suscetível de ser interrompida em qualquer momento de recolha:

Eu (Participante) _____, concordo em participar nas sessões acima descritas, e eu (Responsável Legal pelo Participante) _____, autorizo a sua participação e utilização dos resultados com uso restrito confinado às instituições envolvidas.

Rio Maior ____ de ____ de ____

Assinatura do Atleta

Assinatura do Responsável Legal

Anexo 4. Protocolo de recolhas antropométricas

1. Altura (estatura) – distância total entre o solo e o vértex (ponto superior da cabeça), foi medida com os participantes descalços, na posição antropométrica e sobre uma superfície lisa perpendicular ao estadiómetro. Calcanhares unidos e pontas dos pés afastadas a 60°. O peso distribuído pelos dois pés e a cabeça orientada segundo o plano de *Frankfurt* (horizontal). O observado efetuava uma inspiração profunda durante o momento da mensuração. A medida foi arredondada ao milímetro.

2. Peso (ou massa corporal) – o participante colocava-se no centro da plataforma da balança com o peso bem distribuído sobre os dois pés e a olhar em frente. Indivíduo descalço e com pouca roupa. Medida foi arredondada aos 100 gramas.

3. Pregas adiposas – são medidas locais de espessura de uma camada dupla de pele e gordura subcutânea. A prega foi destacada com o polegar e o indicador no local da marcação e o adipómetro colocado a 1 cm da zona onde se destacou a prega e a profundidade não ultrapassou o nível dos dedos (cerca de meia-unha). O adipómetro foi colocado a 90° em relação à superfície da pele (marca da prega) e durante a medição a prega não foi largada. O registo do valor da prega foi feito 2 segundos após largar o “gatilho” do adipómetro, ou seja, após este exercer a sua pressão máxima sobre a prega. De forma a garantir a fiabilidade dos dados, as pontas do adipómetro apresentavam uma pressão constante de 10 gramas por milímetros quadrados (g/mm²).

3.1. Prega bicipital – prega vertical tirada ao nível do ponto *mid-acromiale radiale* sobre o músculo bicípite (máximo volume do músculo sem contração). O observado encontrava-se na posição bípede com o membro superior esquerdo pendente ao longo do tronco e o membro direito relaxado, com a articulação do ombro em ligeira rotação externa e o cotovelo em extensão ao lado do corpo. A prega foi tirada paralelamente ao eixo longitudinal do segmento.



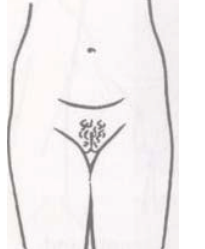
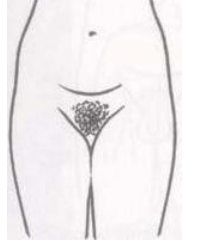

3.2. Prega tricipital – prega vertical tirada ao nível do ponto *mid-acromiale radiale* sobre o músculo tricípite. Condições iguais às descritas na prega bicipital.

3.3. Prega subescapular – prega oblíqua (mais ou menos 45°), de cima para baixo e de dentro para fora, medida cerca de 2 cm abaixo do bordo inferior da omoplata. O observado estava na posição bípede com os membros superiores relaxados e ao longo do tronco.



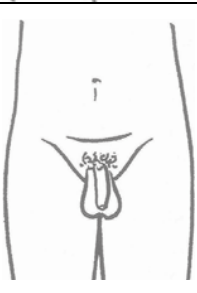
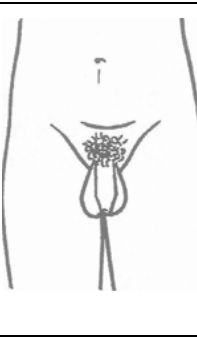

3.4. Prega suprailíaca – é uma prega oblíqua (mais ou menos 45°), de fora para dentro e de cima para baixo, medida acima da crista ilíaca e a 1 cm da linha midaxilar. Condições iguais às descritas na prega subescapular.

Anexo 5. Avaliação da maturação biológica

5.1. Estádios de desenvolvimento da pilosidade púbica, nas raparigas, descritos por Tanner (1962). Ilustrações esquemáticas e critérios descritivos (adaptado de Malina *et al.*, 2004).

		Estádio 1: Não há pilosidade púbica. Os pelos desta região não diferem dos da parte frontal do estômago.
		Estádio 2: Há alguns pelos esparsos, longos e ligeiramente colorados na zona púbica, os quais são lisos ou ligeiramente enrolados.
		Estádio 3: A pilosidade púbica é consideravelmente mais escura, grossa e enrolada que no estágio 2. Os pelos dispersam-se de forma esparsa sobre a zona púbica.
		Estádio 4: A pilosidade púbica é agora de tipo adulto (cor similar ao cabelo, grossa e enrolada), mas a área coberta é consideravelmente menor que na maioria dos adultos. Não há dispersão para as faces interiores das coxas, isto é, a pilosidade púbica não se entende acima das pregas onde as coxas se juntam com o estômago.
		Estádio 5: A pilosidade púbica é adulta em quantidade e tipo. A área coberta é um triângulo invertido (▼). A pilosidade dispersa-se para a parte interna das coxas. Em algumas raparigas, a pilosidade estende-se para cima, para a parte frontal do estômago.

5.2. Estádios de desenvolvimento da pilosidade púbica, nos rapazes, descritos por Tanner (1962). Ilustrações esquemáticas e critérios descritivos (adaptado de Malina *et al.*, 2004).

		Estádio 1: Não há pilosidade púbica. Os pelos desta região não diferem dos da parte frontal do estômago.
		Estádio 2: Há alguns pelos esparsos, longos e ligeiramente colorados na zona púbica, os quais são lisos ou ligeiramente enrolados.
		Estádio 3: A pilosidade púbica é consideravelmente mais escura, grossa e enrolada. Os pelos localizam-se à volta da base do pênis.
		Estádio 4: A pilosidade púbica é agora de tipo adulto (cor similar ao cabelo, grossa e enrolada), mas a área coberta é consideravelmente menor que na maioria dos adultos. Não há dispersão para as faces interiores das coxas, isto é, a pilosidade púbica não se entende acima das pregas onde as coxas se juntam com o estômago.
		Estádio 5: A pilosidade púbica é adulta no tipo e quantidade. Cobre uma área triangular com uma linha superior direita (▼). A pilosidade púbica expande-se para a parte interior das coxas, atravessando as pregas onde as coxas se juntam com o estômago, mas não se expandem para cima, para a parte frontal do estômago, além da linha direita.

